

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ
KATEDRA VÝROBNÍCH STROJŮ A KONSTRUOVÁNÍ

Mazání ložisek kapalinného tření v provozu válcovny drátů
The Oiling of Fluid Friction Bearings in Wire Rod Mill Operation

Student:

Bc. Daniel Plonka

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Daniel Plonka**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 72 Technická diagnostika, opravy a udržování
Téma: **Mazání ložisek kapalinného tření v provozu válcovny drátů**
The Oiling of Fluid Friction Bearings in Wire Rod Mill Operation

Zásady pro vypracování:

Na základě požadavků a podkladů zadavatele proveďte posouzení vhodnosti změny typu oleje používaného k mazání ložisek kapalinného tření na kontidrátové trati v provozu válcovny ve společnosti Třinecké železářny, a.s., Třinec.

V rámci zadání zpracujte:

1. Rešerši k problematice mazání ložisek v provozu válcovny drátů.
2. Vyhodnocení současného stavu mazání ložisek kapalinného tření na válcovně KDT s ohledem na dnes používaný olej a provozní podmínky.
3. Posouzení požadavku zadavatele na změnu mazacího oleje z důvodu snahy o snížení pořizovacích nákladů. Vhodnost navrženého oleje ověřte provedením nutných tribodiagnostických měření.
4. Ekonomický rozbor obou variant, tedy stávající a typově nové olejové náplně, s ohledem na cenu oleje, jeho životnost a možné vlivy na provozní spolehlivost sledovaného zařízení.

Další pokyny a konzultace poskytne společnost Třinecké železářny, a.s., Třinec.

Seznam doporučené odborné literatury:

ŠAFR, E. *Technika mazání*. 2. dopl. vydání, SNTL Praha - Nakladatelství technické literatury, Praha, 1970. 381 s. 04-010-70.

ŠAFR, E. *Tribotechnika*. SNTL Praha - Nakladatelství technické literatury, Praha, 1984. 300 s. 04-243-84.

SZCZEREK, M. WISNIEWSKI, M. *Tribologie, Tribotechnika*. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji Radom, 2000. 727 s. ISBN 83-7204-199-7

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

PETRUŽELKA, J. *Ročníkový projekt. Jak psát bakalářskou práci [online]*. Ostrava: VŠB-TUO, FS, poslední aktualizace 21. 10. 2006 [cit. 2007-04-10]. Dostupný z www: <URL: <http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Jak%20psat.pdf>>.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry

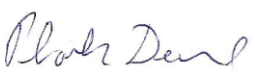


prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně všech příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

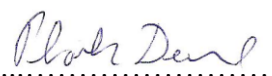
V Ostravě 21. 5. 2010


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21. 5. 2010


.....
podpis

Bc. Daniel Plonka
Jiřího Herolda 12/1557
Ostrava - Bělský les
70030

Anotace Diplomové práce

Plonka, D. *Mazání ložisek kapalinného tření v provozu válcovny drátů: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování – 340, 2010, 60 s. Vedoucí práce: Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.

Cílem této diplomové práce je popsat problematiku mazání ložisek kapalinného tření a na základě charakteristických vlastností dvou druhů olejů, jejich ceny a popisu stávajícího způsobu mazání určit, který typ se jeví jako vhodnější. V první části práce jsou uvedeny obecné informace o válcovacích procesech, ložiscích kapalinného tření, následuje charakteristika provozu a popis centrální mazací soustavy. Druhá část je zaměřena na popis metod tribotechnické diagnostiky a porovnání užitečných vlastností obou typů olejů s doporučením k dalšímu provozu. V závěru je provedeno ekonomické posouzení při změně olejové náplně a celkové zhodnocení diplomové práce.

Klíčová slova: olej, mazání, válcovna, tribotechnická diagnostika

Annotation of Master Thesis

Plonka, D. *The Oiling of Fluid Friction Bearings in Wire Rod Mill Operation: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design – 340, 2010, 60 p. Thesis head: Ing. Hrabec, L. Ph.D.

The aim of the thesis is to describe the lubrication of fluid friction bearing and to determine which of the two types of used oils is more suitable for the practical usage - the determination is based on the price and description of lubrication of both types of oils. In the first part of the thesis the general information about the rolling processes and fluid friction bearing are mentioned, together with the characteristics of the operation and description of the engine lubrication system. The second part of the thesis deals with the methods of tribotechnic diagnostics and comparison of the characteristics of both types of oils and their recommendation for the following operations. In the conclusion the economic assessment and the evaluation of the whole thesis is included.

Key words: oil, lubrication, mill, tribotechnic diagnostics

Obsah

	strana
Seznam použitých značek a symbolů	9
Úvod.....	11
1 Proces válcování	12
1.1 Princip válcování	14
1.2 Přehled základních válcovacích postupů	14
1.2.1 Válcování plechů	15
1.2.2 Válcování profilů	15
1.2.3 Válcování trubek	16
1.2.4 Válcování drátů	17
1.3 Typy válcovacích stolic	18
2 Charakteristika provozu	20
2.1 Kontidráťová válcovna v Třineckých železárnách	21
3 Morgoil ložiska - ložiska kapalinného tření	23
3.1 Údržba ložisek	24
3.2 Mazání ložisek	24
4 Centrální mazací soustava	25
4.1 Olejová nádrž	26
4.2 Čerpadlo	27
4.3 Hlavní filtr	28
4.4 Olejový chladič	29
4.5 Tlaková nádrž	30
4.6 Separátor	31
5 Současný stav	32
5.1 Mobil Vacuoline 100	32
5.2 AGIP ACER	34
5.3 Hlavní požadavky na oleje	35
5.4 Tribotechnická diagnostika	35
5.5 Metody tribotechnické diagnostiky	36
5.5.1 Kinematická viskozita	37
5.5.2 Deemulgační vlastnosti	40
5.5.3 Bod vzplanutí	41
5.5.4 Stanovení čísla kyselosti a čísla alkality	42

5.5.5 Schopnost odlučovat vzduch	43
5.5.6 Ochrana proti korozi	44
6 Úvod do vlastního měření	45
6.1 Odběr vzorků oleje	45
6.2 Aplikace metod tribotechnické diagnostiky	46
6.2.1 Infračervená spektrometrie	47
6.3 Rozbor naměřených hodnot	48
6.4 Zhodnocení rozboru	53
7 Ekonomický rozbor	54
7.1 Stav hladiny oleje v nádrži za 1. dekádu	55
7.2 Stav hladiny oleje v nádrži za 2. dekádu	57
7.3 Stav hladiny oleje v nádrži za 3. dekádu	59
7.4 Zhodnocení	61
Závěr	63
Seznam použité literatury	65
Seznam příloh	68

Seznam použitých značek a symbolů

μm	- mikrometr
\varnothing	- průměr
$^{\circ}\text{C}$	- stupeň Celsiovy stupnice
%	- procento
σ	- vlnčet $[\text{m}^{-1}]$
λ	- vlnová délka $[\text{m}]$
$^{\circ}$	- úhlový stupeň
τ	- aritmetický průměr doby průtoku viskozimetru
ASTM	- American Society For Testing And Materials
ČSN	- Česká státní norma
EN	- European Standards
ISO	- International standards organisation
H – V	- horizont – vertical
KOH	- Hydroxid draselný
CMS	- centrální mazací soustava
MPa	- megapascal
A1	- nádrž č. 1
A2	- nádrž č. 2
C	- konstanta viskozimetru
T	- transmittance [%]
Kč	- Koruna česká
Obr.	- obrázek
Tab.	- tabulka
apod.	- a podobně
a.s.	- akciová společnost
cm^3	- kubický centimetr
cm^{-1}	- reciproký centimetr
f	- součinitel tření
g	- gram
hod	- hodina
kg	- kilogram
kPa	- kilopascal

kW	- kilowatt
l	- litr
m	- metr
m ³	- kubický metr
m ⁻¹	- reciproký metr
mg	- miligram
min	- minuta
min ⁻¹	- otáčky za minutu
ml	- mililitr
mm	- milimetr
mm ²	- milimetr čtvereční
např.	- například
s	- sekunda
t	- tuna
tzn.	- to znamená
tzv.	- takzvaně

Úvod

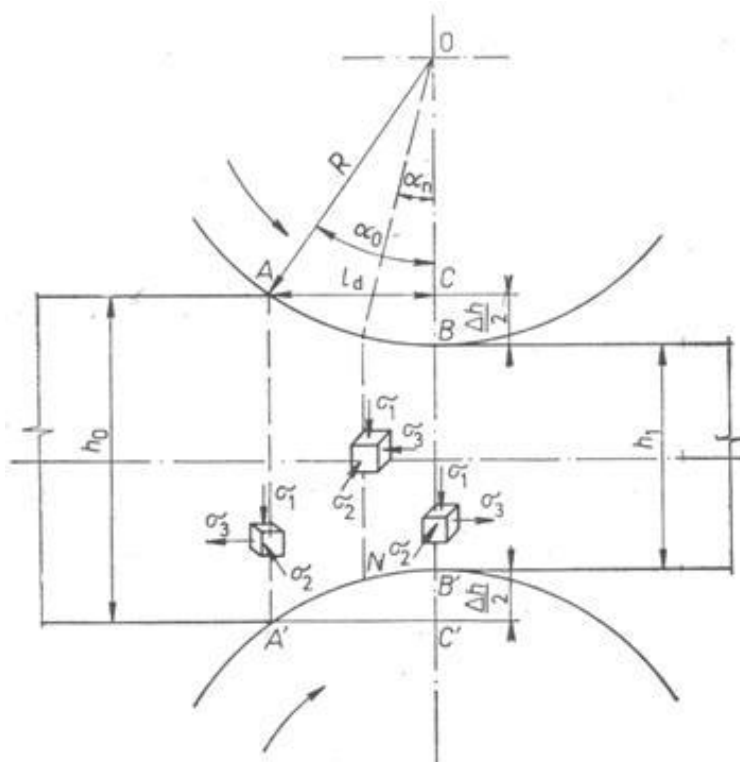
Význam mazání spočívá ve snižování tření, které má za následek vznik tepla, způsobuje opotřebení a v konečném důsledku i mechanickou destrukci prvků. Kromě toho může do třecích míst vnikat voda, prach, popřípadě jiné abrazivní nebo korozi způsobující látky. Proto je důležité, obzvláště v ocelářském průmyslu, kde může docházet ke kontaminaci oleje vodou a jinými znečišťujícími látkami, zvolit vhodný typ oleje, jenž dokáže splnit náročné požadavky na bezproblémový provoz daného systému.

Cílem této závěrečné diplomové práce je provést ekonomické zhodnocení na základě změny olejové náplně v provozu válcovny kontidrátu v Třineckých železárnách. Práce je rozdělena do dvou částí - teoretické a praktické. V teoretické části jsou uvedeny obecné informace o válcovacích procesech a ložiscích kapalinného tření. Následuje charakteristika provozu a v závěru je uveden popis centrální mazací soustavy.

Praktická část je zaměřena na popis metod tribotechnické diagnostiky a porovnání užitných vlastností obou typů olejů s vyhodnocením provedených rozborů. Z pohledu tribotechnické diagnostiky je práce zaměřena na zjištění deemulgačních vlastností a viskozity olejů AGIP ACER 320 a Mobil Vacuoline 137. Součástí měření byla také analýza infračervenou spektrometrií. V závěru je provedeno ekonomické posouzení při změně olejové náplně za období posledních dvou let a celkové zhodnocení diplomové práce. Při zpracování jsem vycházel z dostupné literatury a interních materiálů provozu válcovny kontidrátu.

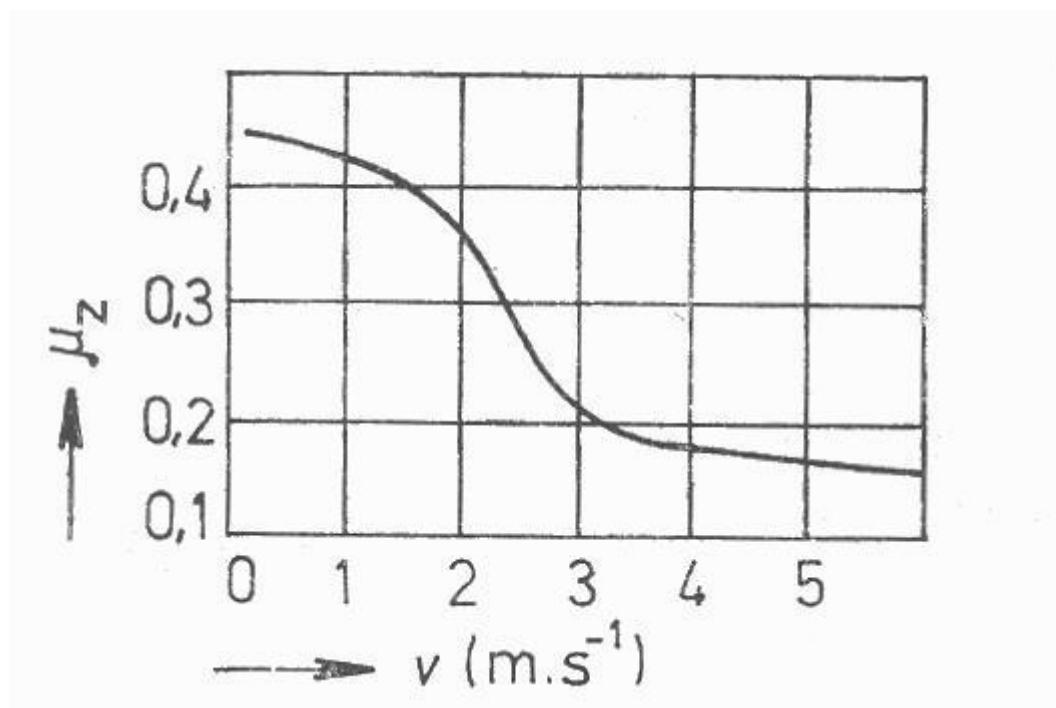
1 Proces válcování

Proces válcování představuje objemové tváření kovů průchodem mezi otáčejícími se válci válcovací stolice. Jako polotovary se používá přístřih tyče, sochoru, apod. a materiál se při průchodu přetváří a zároveň posunuje. Válcovací procesy probíhají při libovolných teplotách, tedy za studena, za tepla a za poloohřevu. Technologie válcování je umožněna jen v důsledku tření mezi pracovními válci a válcovaným materiálem. Koeficient tření f závisí na kvalitě povrchu válců, tedy na stykových plochách a také na měrném tlaku. Vlivem měrného tlaku a součinitele tření vzniká v místě válcování normálová a tečná síla. Důležitou podmínkou pro válcování vycházející ze silového působení normálových a třecích sil v místě válcování je, že součinitel tření musí být vyšší (nebo minimálně roven) než polovina úhlu záběru [2].



Obr. 1 – Deformace během válcování [2]

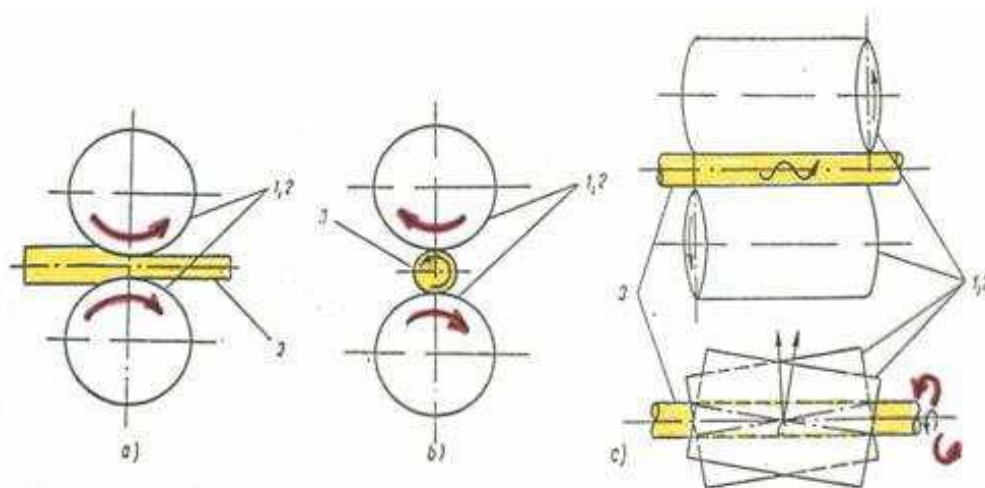
Během válcování se koeficient tření mění, a to hlavně mezi začátkem válcování a mezi ustáleným válcováním. Při válcování za tepla součinitele tření výrazně ovlivňují změny chemického složení kovu (oceli s vyšším obsahem uhlíku mají nižší součinitel tření), každé oceli náleží maximální součinitel tření pro dané podmínky a teplotu. Při vysokých teplotách součinitele tření ovlivňuje vznik okují, součinitel tření klesá. V případě malých rychlostí se součinitel tření mění jen nepatrně a potom nastává výrazný pokles. U vysokých rychlostí je součinitel tření v podstatě stálý [2].



Obr. 2 – Závislost součinitele tření na obvodové rychlosti válců [2]

1.1 Princip válcování

Ocelové ingoty o hmotnosti kolem 10 t se ohřívají v hlubinných pecích na teplotu tváření pohybující se kolem 1100 °C a válcují se na předvalky. Z těchto předvalků se válcováním vyrábějí finální výrobky – vývalky (tyče, kolejnice, plechy, pásy, trubky, apod.). Válcování představuje kontinuální proces, při kterém se tvářený materiál deformuje mezi otáčejícími se pracovními válci za podmínek převažujícího všestranného tlaku. Mezi válci se válcovaný materiál deformuje, zmenšuje se jeho tloušťka, materiál se prodlužuje a současně rozšiřuje. Mění se také rychlost, kterou válcovaný materiál z válcovací stolice vystupuje. Podle uložení os válců, vzhledem k válcovanému materiálu, směru, kterým válcovaný materiál prochází pracovními válci a podle průběhu deformace dělíme válcování na podélné, příčné a kosé [2].



a) *podélné válcování; b) příčné válcování; c) kosé válcování*

1 a 2 – válce, 3 – materiál

Obr. 3 – Metody válcování [2]

1.2 Přehled základních válcovacích postupů

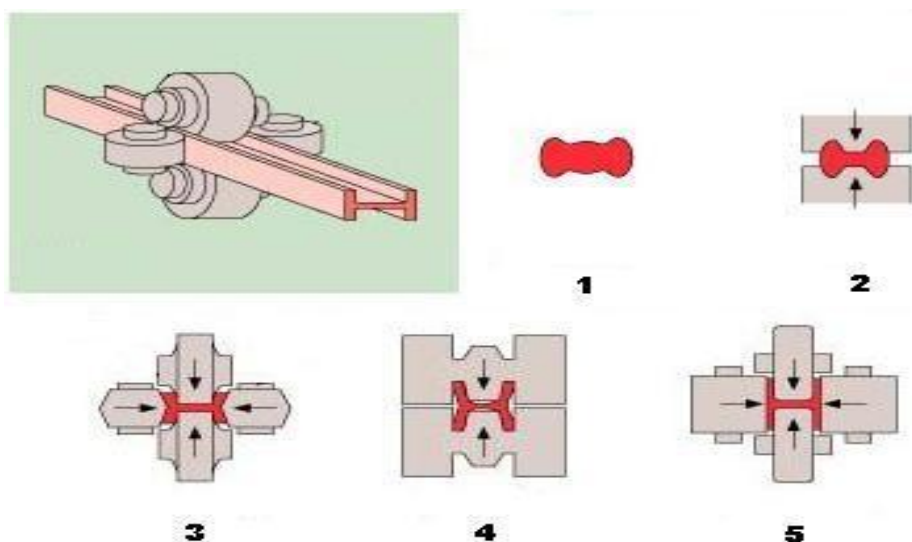
Válcování se provádí jak za tepla, tak za studena. Tímto procesem lze vyrábět velké množství polotovarů rozmanitých tvarů. Mezi základní patří: plechy, profily, dráty, trubky [2].

1.2.1 Válcování plechů

Plechý válcované za tepla se válcují ve válcovacích stolicích s hladkými válci z plochých předvalků. Nejdříve se válcuje napříč, aby se dosáhlo potřebné šířky plechu. Poté se plech otočí o 90° a válcuje se podélně. Tímto se dosáhne stejné tloušťky a stejnoměrných vlastností materiálu v podélném i příčném směru válcování. Vyrobené plechy lze povrchově upravit, mohou být pocínované, pozinkované, poolověné nebo lakované. Válcování za studena se aplikuje pro výrobu plechů s hladkým povrchem a velkou přesností. Výchozím polotovarem jsou pásy válcované za tepla. Hlubokotažnými plechy rozumíme plechy s dobrými mechanickými vlastnostmi, např. převálcované za studena [2].

1.2.2 Válcování profilů

Profily různých rozměrů a tvarů se válcují na profilových válcovacích stolicích. Válcovaný materiál prochází postupně kalibry, jež se zmenšují, aniž by se válce k sobě přiblížily. Závěrečný kalibr má tvar požadovaného profilu. Válcují se jak profily kruhové, čtyřhranné, šestihranné, apod., tak tyče různých profilů jako I, U, L, kolejnice atd. [2].



Obr. 4 – Příklad válcování H profilu

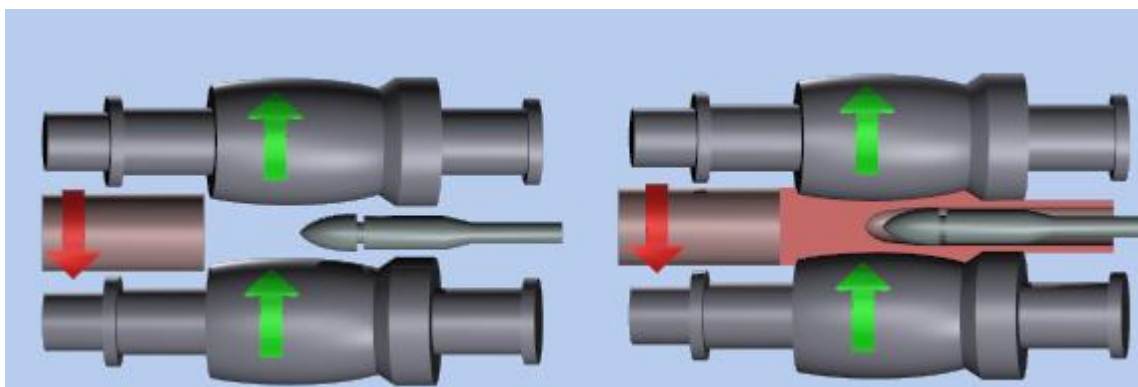
1.2.3 Válcování trubek

Trubky (bezešvé) se vyrábějí většinou válcováním. Průměr a tloušťka stěn ovlivňuje rozměry trubek. Podle použité výrobní technologie rozdělujeme trubky z pohledu válcování na válcované za tepla a za studena, redukované za tepla a za studena. Podle provedení pak na hladké, závitové, s tvarovými konci, apod. Jejich výrobu dělíme většinou do dvou základních operací [3]:

- výroba dutých polotovarů s velkou tloušťkou stěny pomocí kosého nebo příčného válcování na dvou nebo tříválcích - děrování a válcování polotovarů
- zpracování těchto polotovarů na trubky poutnickým nebo klasickým způsobem válcování děrovaného polotovaru (redukce průměru, prodloužení), kalibrace rozměrů.

Rozlišujeme několik technologických způsobů výroby bezešvých trubek [3]:

- Mannesmanův (válcování na tratích s poutnickými stolicemi)
- Stiefelův (válcování na tratích s poutnickými stolicemi, podélným, příčným a podélným kalibračním válcováním)
- Spojité válcování trubek
- Asselův (válcování na tratích s tříválcovou stolicí)
- Diescherův (válcování na tratích s příčnými válci)
- Výroba na tratích s tlačnou válcovací děrovací hlavou



Obr. 5 – Příklad válcování bezešvých trubek [4]

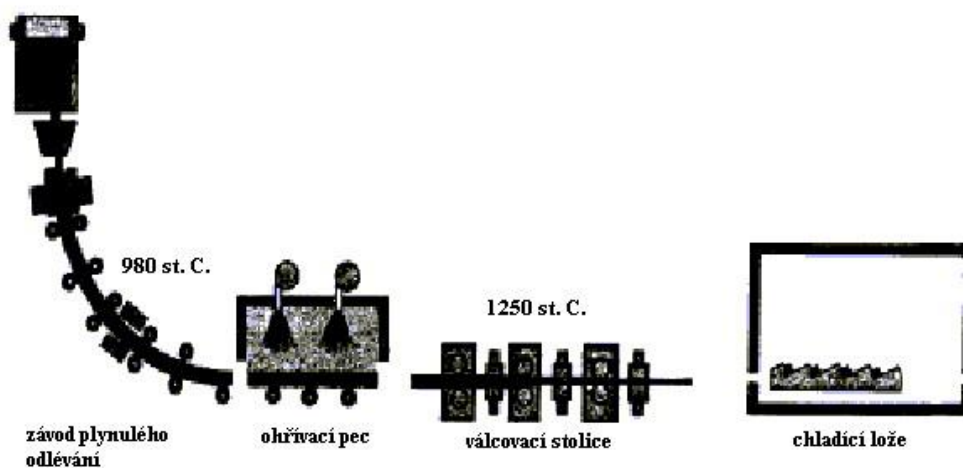
1.2.4 Válcování drátů

Dráty se válcují na speciálních válcovacích tratích za tepla. Tratě jsou kontinuální, nepřetržité. Válcovací trať bývá specializované technologické zařízení, respektive rozsáhlé soustrojí. Jde o rozsáhlou skupinu většího množství specializovaných strojních zařízení určených pro hromadnou výrobu dlouhých strojních součástí válcováním za tepla. Velké válcovací tratě mohou dosahovat délky až stovek metrů [2].



Obr. 6 – Příklad válcovací tratě [2]

V dnešní době je původní technologie válcování za tepla nahrazována modernější technologií kontinuálního lití (kontilití), která je ekonomicky výhodnější [5].

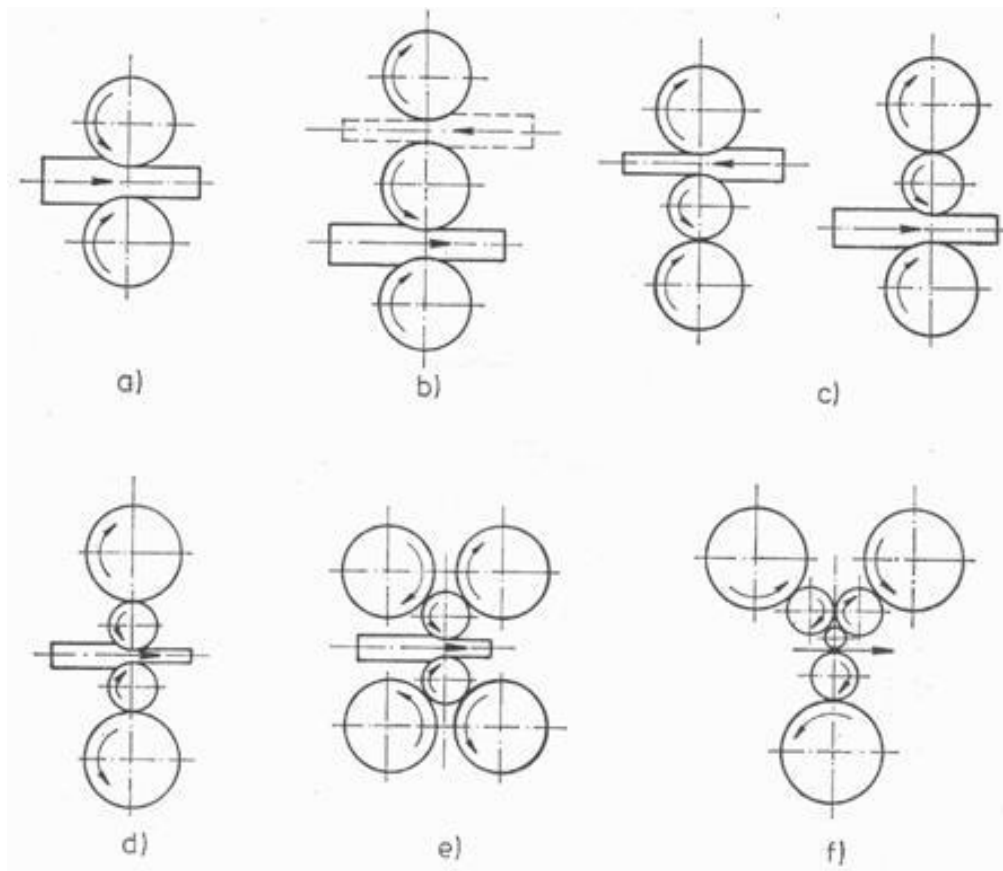


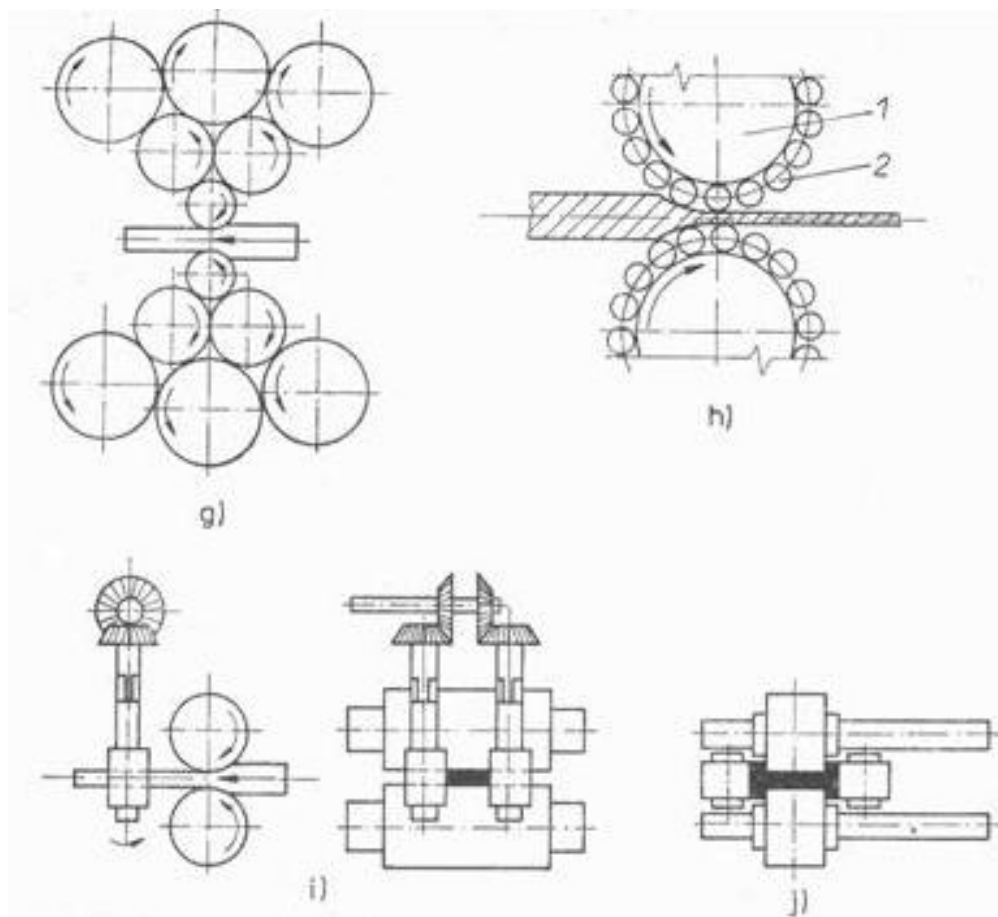
Obr. 7 – Schéma kontinuálního lití [5]

1.3 Typy válcovacích stolic

Válcovací stolice je tvářecí stroj nebo i větší soustrojí, které je určeno ke tváření materiálu do podoby dlouhých výrobků tlakem protilehlých válců. Největší a nejznámější jsou válcovací stolice, určené k výrobě plechů a ocelových profilů, ale existují i stolice pro zpracování mnoha dalších tvárných materiálů. Vzhledem ke konstrukci, počtu a uložení válců rozlišujeme několik typů stolic [4]:

- **Duo** - dva pracovní horizontálně umístěné válce, může pracovat průběžně nebo reverzně (používá se na předválcových a profilových tratích)
- **Trio** - tři pracovní válce s menším průměrem středního válce
- **Lautnerovo trio** - stejný průměr válců, používá se na profilových tratích (dnes již výjimečně)
- **Univerzální** - vybavena párem horizontálních a párem vertikálních válců
- **Kvarto** - dva pracovní a dva opěrné válce
- **Víceválcové stolice**





a) dvouválcová stolice, b) tříválcová stolice, c) Lautherovo trio, d) čtyřválcová stolice, e) šestiválcová stolice f) sedmiválcová stolice, g) dvanáctiválcová stolice, h) planetová stolice, i) universální stolice, j) universální stolice pro válcování širokopřírubových nosníků

Obr. 8 – Typy válcovacích stolic [2]

2 Charakteristika provozu

Třinecké železářny se řadí k průmyslovým podnikům s nejdelší tradicí hutní výroby v České republice. Založeny byly v roce 1839 Těšínskou komorou. Počátky hutní výroby v Třineckých železárnách jsou spjaty s výrobou slévárenského železa v dřevouhelné vysoké peci. Výhodná poloha železáren a dostupnost surovin postupně umožnila v 70. letech 19. století tehdejšímu majiteli koncentrovat hutní provozy z nedalekého okolí právě do Třince [6].

V roce 1906 se Třinecké železářny staly nejvýznamnější součástí Báňské a hutní společnosti. Z tohoto období pochází také ochranná známka „tři kladiva v kruhu“, která charakterizuje třinecké hutní výrobky i v dnešní době. V 80. letech 20. století dosáhla produkce oceli a válcovaného materiálu svého historického vrcholu. V tomto období se kladl velký důraz na modernizaci hutních technologií. K nejvýznamnějším investicím patří vybudování kyslíkové konvertorové ocelárny s následným blokovým a později i sochorovým kontilitím. Od roku 1995 je veškerá ocel vyráběna v konvertorech nebo elektrických obloukových pecích, přičemž 90 % vyrobené oceli je kontinuálně odléváno [6].

Třinecké železářny jsou nyní hutním podnikem s uzavřeným hutním výrobním cyklem. Jejich hlavní výrobní náplň tvoří dlouhé válcované výrobky. Vlastníkem je akciová společnost Moravia Steel [6].

2.1 Kontidrátová válcovna v Třineckých železárnách

Válcovna kontidrátu typu Morgan byla postavena v roce 1973. V letech 1997 a 2000 prošla rozsáhlou rekonstrukcí a modernizací. Z prvotní čtyřžilové tratě je dnes dvoužilová s vyšší kapacitou, širším sortimentem a vyšší kvalitou vyráběného drátu. Výrobní proces je řízen automatizovaným systémem [7].

Pro válcování se používají sochory o rozměrech 150×150 mm, délky 12 m, odlévané nebo předválcované z kontislitků. Sochory se brousí brousíci linkami buď po celém povrchu včetně hran, nebo pouze v místě vady. Prostor vsázky slouží jako úložiště válcovaných nebo plynule litých sochorů. Kontroluje se zde kvalita, vady a poté sochory směřují po dopravníku do krokové ohřívací pece. Jmenovitý výkon krokové pece je $160 \text{ t} \cdot \text{hod}^{-1}$. Topným médiem je směsný plyn, náhradním zemní plyn. Pec je rozdělena do devíti ohřívacích oblastí. 72 krátkoplamenných stropních hořáků zajišťuje horní ohřev, o dolní se stará 16 dlouhoplamenných hořáků [14].

Dále následuje přípravné pořadí vybavené vysokotlakým odstříkem okují. Tvoří ho čtyři bezstojanové stolice, které válcují jednožilově v uspořádání H – V. Nepostradatelnou součástí přípravného pořadí je izolovaný krytý valník, který dopravuje provalek sníženou zaváděcí rychlostí do první stolice přípravného pořadí. Havarijní nůžky umístěné za valníkem umožňují pro zákazníky požadující jednotunový svitek stříhání na dvě poloviny [14].

Dvoužilové předválečí pořadí tvoří 6 stolic, druhá stolice je vynechána z důvodu hranění velkých průměrů. Další hranění je za čtvrtou a šestou stolicí. První, třetí a čtvrtá stolice má válce o $\varnothing 540$ mm, délky 800 mm. Stolice č. 5, 6 a 7 má průměr válců 480 mm. Rotační nůžky, které jsou umístěny mezi předválečím a středním pořadím, slouží k odstříhu předních a zadních konců proválku, případně jako šrotovací nůžky [14].

Střední pořadí je dvoužilové, osmistolicové. Na osmé a deváté stolicí mají válce $\varnothing 440$ mm, délka těla válce je 635 mm. Zbylé stolice mají válce o $\varnothing 380$ mm a délce 610 mm. Všechny válce jsou litinové. Hranění následuje za osmou, desátou, dvanáctou a čtrnáctou stolicí [14].

Předhotovný pořadí zahrnuje dvě žíly se dvěma stolicemi ve smyčce. Jedná se o stolice ze slinutých karbidů. Dále se zde řídí teplota provalku vstupujícího do závěrečné fáze tváření v hotovním bloku. Pod těmito stolicemi jsou trhací nůžky [14].

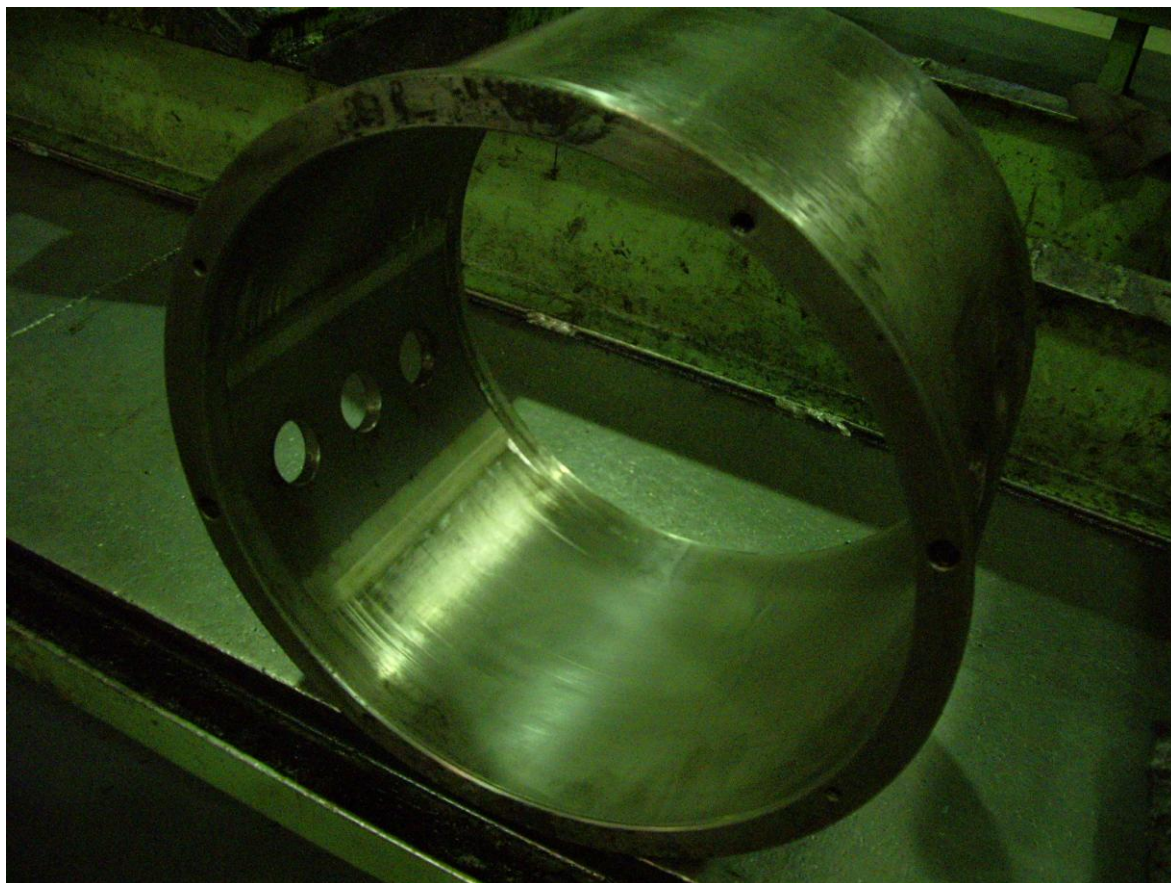
Před hotovním blokem se nachází výhybka, rotační nůžky a šrotovací nůžky s unášecem provalku. Hotovný pořadí představují dvě žíly s desetistolicovým blokem a má dvouválcové uspořádání. Válce jsou symetricky stavěné na konstantní osu válcování. Kalibr tvoří dva kotouče svírající s vodorovnou rovinou úhel 45° . Vodní mezistolicové chlazení zajišťuje tvářecí teplotu a potlačuje dynamickou rekrytalizaci. Maximální válcovací rychlost v hotovním bloku je $120 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, drát vystupuje rychlostí až $105 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ podle průměru drátu. Kapacita výroby je 820 000 t za rok [14].

Na výstupu z hotovního bloku je drát podroben průběžné defektoskopické kontrole a rozměry jsou laserově změřeny. Vodní chlazení je zajištěno na drátové trati, v hotovním bloku i za blokem. Další fází tepelného zpracování je řízené chlazení vzduchem, které probíhá v rozvinuté smyčce na válečkovém dopravníku Stelmor. Poté je svitek drátu o hmotnosti 2 t shromažďován ve sběrné komoře a odtud je hákovým dopravníkem dopravován k lisům. Zde jsou svitky slisovány a připraveny k odeslání po železnici nebo kamionovou dopravou. Kontidrátová válcovna vyrábí drát o průměru $5,5 \div 20 \text{ mm}$ [14]. Schéma válcovny kontidrátu je uvedeno v příloze A.

3 Morgoil ložiska - ložiska kapalinného tření

Morgoil ložiska se uplatňují v ocelářském průmyslu, kde splňují náročné požadavky na přenos válcovacích sil při nízkých a vysokých otáčkách. Důležitá je také vysoká odolnost proti negativním vlivům okolního prostředí, kdy nelze zabránit možnosti vniknutí vody do oběhového systému, nečistotám, vysokým teplotám, apod.

Jedná se o kovová ložiska plně uzavřená a jejich konstrukce je zcela přizpůsobena zásadám hydrodynamické mazací teorii. Ložiska Morgoil využívají vysoké nosnosti a nízkého tření hydrodynamicky vytvořeného olejového filmu, který zamezí přímému kovovému dotyku v kluzných plochách ložiska. Otěr a únava materiálu se zde prakticky nevyskytuje, takže při běžném provozu a správné údržbě mají ložiska velmi dlouhou životnost [14].



Obr. 9 – Čepové ložisko Morgoil

3.1 Údržba ložisek

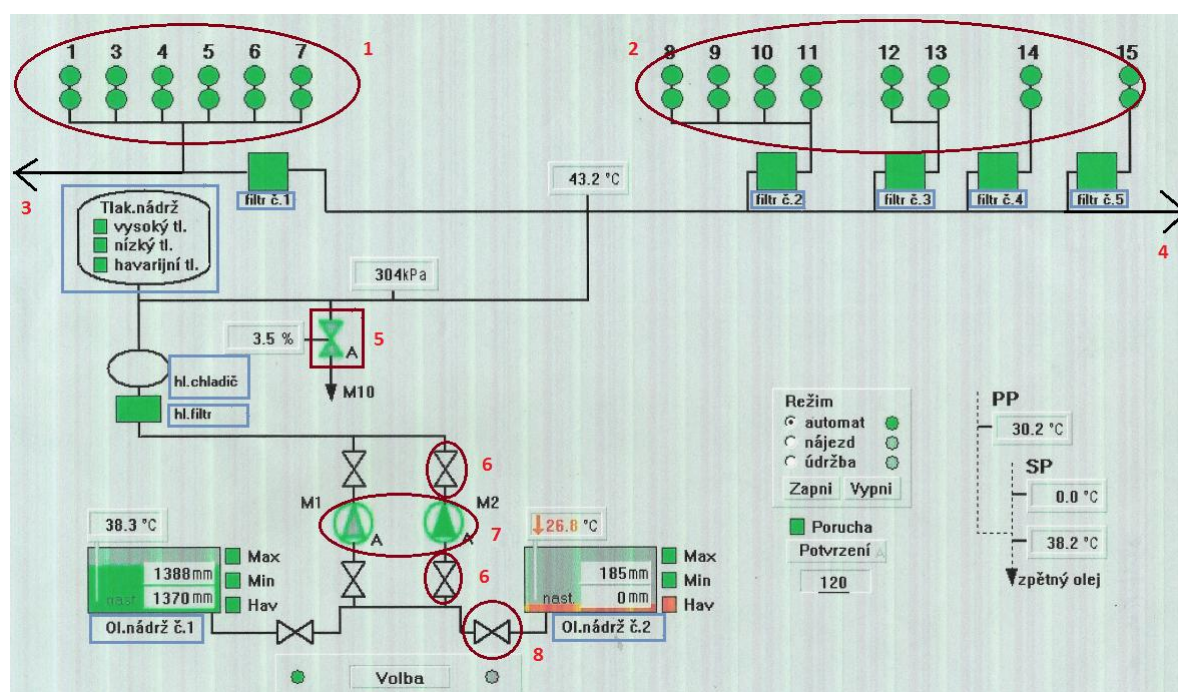
Životnost příznivě ovlivňuje nejen preventivní údržba ložisek, ale také údržba olejového systému, tzn. čerpadel, filtrů, chladičů apod., jelikož čistota přiváděného oleje pozitivně ovlivňuje technický stav a tím životnost ložisek [14].

3.2 Mazání ložisek

Pro provoz je doporučováno použití maziv na bázi minerálních olejů, ale jako alternativu lze používat vysoce kvalitní, aditivovaný syntetický olej. Olej je přiváděn s konstantní teplotou a v předem určeném množství. Klíčové vlastnosti oleje pro mazání ložisek Morgoil jsou deemulgační vlastnosti, tzn. schopnost rychle odlučovat vodu, dále ochrana součástí proti korozi, viskózní charakteristika - její změny během zátěže a odlučivost vzduchu, tzv. pěnivost. Použitá maziva by také měla mít přirozenou odolnost proti oxidaci. Je třeba provádět pravidelné tribologické rozborů oleje, abychom zjistili, zda neklesá jeho kvalita a tím schopnost plnit svoji funkci. Důležité je sledovat především obsah vody, viskozitu a neutralizační číslo [14].

4 Centrální mazací soustava

Úkolem mazacích systému je dopravovat do mazacích míst vhodnou mazací látku s cílem snížit tření a tvorbu tepla. Centrální mazací soustava (CMS) v provozu válcovny kontidrátu představuje oběhové mazání, jehož hlavním cílem je dopravit mazivo k ložiskům. Nastane-li znečištění oleje, odstraní se pomocí filtrů a lapačů nečistot. Prvky centrální mazací soustavy, zajišťující mazání předválečního a středního pořadí, jsou zobrazeny na schématu mazací soustavy použité z online diagnostiky údržby Válcovny D, kontidrátové trati v Třineckých železárnách, a.s.



Obr. 10 – Schéma CMS [14]

Legenda:

1. Předválečí pořadí
2. Střední pořadí
3. Přípravné pořadí
4. Hotovní blok
5. Obtokový ventil
6. Pojistný ventil
7. Čerpadla
8. Sací ventil

4.1 Olejová nádrž

Olejové nádrže jsou dvě, primární a sekundární, každá o objemu 10 000 l. Dimenzovány jsou tak, že olej je 40 ÷ 50 minut v klidu, než se opět dostane do oběhu. Nádrže jsou vybaveny plovoucím a hloubkovým odsáváním. Vnikne - li voda nebo jiný mazací prostředek do systému, vyloučí se zahřátím a usazením v nádrži, kdežto druhá nádrž je v provozu. Olej v odstavené nádrži se má zahřívat maximálně na 70 ÷ 80 °C a udržovat při této teplotě po dobu 24 hodin. Poté je ochlazen, otevře se spodní ventil a usazená voda ze dna nádrže se vypustí [14].



Obr. 11 – Olejová nádrž [14]

4.2 Čerpadlo

Provozní tlak v systému je $0,32 \text{ MPa}$ a průtok $220 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Dvě čerpadla s konstantním výkonem jsou nepřetržitě zapojena v soustavě. Jedno čerpadlo pracuje, druhé je rezervní. Aby byla obě čerpadla v chodu přibližně stejnou dobu, jsou zapojena tak, že každé může přímo pracovat. Rezervní čerpadlo je kontrolováno pomocí tlakového spínače plně automaticky. V případě, že hlavní čerpadlo nemůže udržet tlak v systému, je spuštěno, ale pouze po dobu nutnou k ukončení dané činnosti. Poté dojde k odstávce a zjišťuje se příčina problému. Výkon vřetenového čerpadla je $15,4 \text{ kW}$, otáčky 970 min^{-1} , průtok $3,72 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, maximální tlak 1 MPa [14].



Obr. 12 – Čerpadlo [14]

4.3 Hlavní filtr

Za čerpadly je namontován duální filtr, který je možné přepínat. Umožňuje rychlé přepnutí z jednoho koše na druhý. Každá filtrační vložka je schopna profiltrovat plný výkon čerpadla. Koš tvoří filtrační magnetické svíčky spojené paralelně o velikosti ok cca 0,1 mm (100 μ m). Znečištěný koš se demontuje, vyčistí a použije pro další výměnu [14].

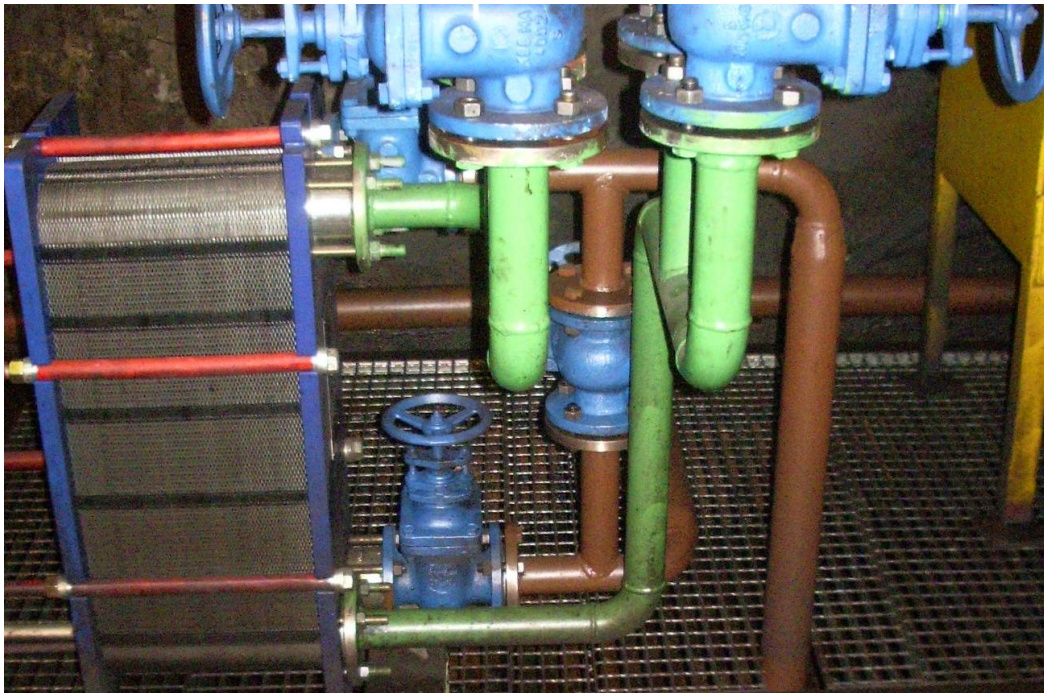


Obr. 13 – Duální filtr [14]

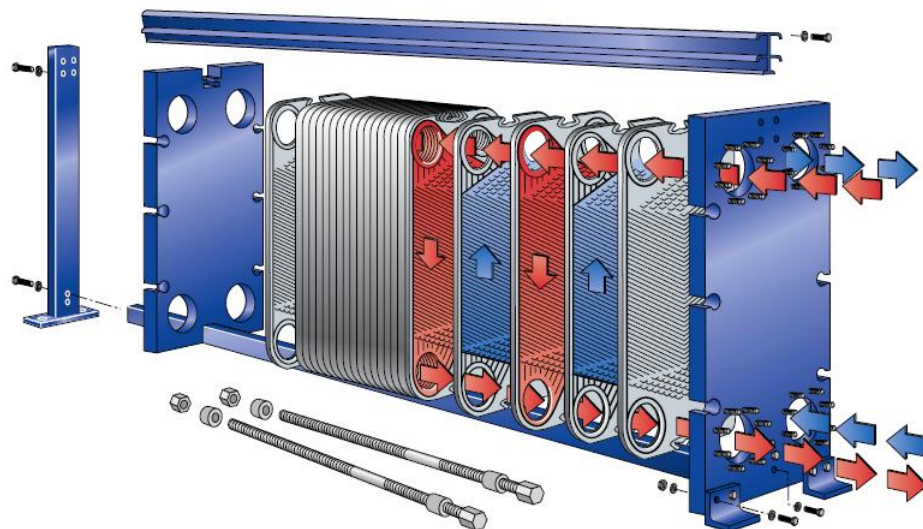
Ve vedení jsou kromě duálního filtru namontovány další filtry, a to pro skupiny stolic 1 - 7, 8 - 11, 12 - 13 a 14 - 15 po jednom filtru [14].

4.4 Olejový chladič

Jedná se o deskový výměník tepla. Olej je chlazen vodou, která proudí pod tlakem 0,4 MPa. Olejový chladič reguluje a kontroluje teplotu přiváděného oleje k ložiskům. Provozní teplota v systému je 40 °C. Regulace probíhá ručním způsobem nebo automaticky pomocí šoupátek. Maximální teplota činí 180 °C, maximální přetlak 1,8 MPa [14].



Obr. 14 – Olejová chladič [14]



Obr. 15 – Schéma deskového výměníku tepla [8]

4.5 Tlaková nádrž

Hlavní funkcí tlakové nádrže je zajistit rovnoměrný přívod oleje a vyrovnávat občasné pulsování oleje způsobené čerpadlem. Současně zajišťuje doběh tratě v případě, vznikne – li porucha čerpadla nebo olejového systému. Objem nádrže je 350 l, z 1/3 je naplněna olejem a zbytek prostoru vyplňuje tlakový vzduch. Zkušební přetlak činí 24 kPa, pracovní přetlak 16,16 kPa [14].



Obr. 16 – Tlaková nádrž [14]

4.6 Separátor

Separátor neboli odstředivka je opatřen samočisticí kruhovou miskou, která se používá pro čištění kapalin nebo oddělování kapalných směsí. Miska je vybavena separačním oddělitelným kotoučem, který lze měnit podle potřeby v závislosti na požadované čistotě. Krouticí moment je od motoru na misku přenášen hřídelí s odstředivou spojkou a šnekovým převodem. Vnikne-li do systému větší množství vody, obsluha spustí odstředivku. Také slouží k regeneraci maziva při pravidelné odstávce a čištění nádrže. Otáčky misky jsou 7500 min^{-1} , objem misky 7,99 l, objem prostoru pro nečistoty 4,16 l, výkon motoru 11,19 kW, otáčky motoru 1800 min^{-1} [14].



Obr. 17 – Separátor [14]

5 Současný stav

Od počátku provozu válcovny kontidrátu byl používán průmyslový oběhový olej řady Mobil Vacuoline 100. V prvním čtvrtletí roku 2010 přešel úsek válcovny zajišťující mazání předválečího a středního pořadí na olej AGIP ACER. Provoz neprovádí žádné defektoskopické zkoušky na zjišťování technického stavu ložisek. Podle údržby se neprojevuje žádný rozdíl v opotřebení, nová olejová náplň splňuje technické požadavky na bezproblémový provoz [14].

5.1 Mobil Vacuoline 100

Mobil Vacuoline 100 je řada vysoce kvalitních minerálních olejů pro systémy s oběhovým mazáním určené především k mazání kluzných ložisek v soustavách, kde olej zaplavuje ložiska, zvláště pak těch, kde dochází k silné kontaminaci vodou. Oleje Mobil Vacuoline splňují požadavky na ložiska válcovacích stolic Morgoil včetně normy na progresivní oleje Morgan s vynikající deemulgací. Tyto oleje jsou vyrobeny z vysoce kvalitních základových olejů a aditiv. Vykazují vynikající separaci vody, dobrou odolnost vzhledem k tepelné degradaci, oxidaci, mají mimořádnou ochranu proti rezivění, korozi, a jsou odolné vůči vzniku emulze a kalu. Tyto vlastnosti přispívají k větší čistotě systémů a filtrů. Také pevné kontaminující látky se rychle separují a snadno se oddělují odstředivkou, filtrací nebo usazováním. Tyto oleje se vyznačují vysokým viskozitním indexem a dobrou deemulgační schopností, která je zachována i při silném znečištění vodou. Oleje řady Mobil Vacuoline 100 jsou doporučovány pro oběhové systémy jak s jednou, tak i se dvěma nádržemi [14].

VÝHODY:

- *Vysoká odolnost proti stárnutí*
- *Dobrá odolnost proti oxidační degradaci*
- *Výborná antikorozi ochrana*
- *Mimořádná schopnost deemulgace*
- *Je vyloučena tvorba emulzí*
- *Okamžitá separace vody a znečišťujících látek*
- *Odolnost proti pěnovosti*
- *Vynikající mazivostní vlastnosti*

Tab. 1 – Charakteristické vlastnosti oleje Mobil Vacuoline 137

Řada Mobil Vacuoline 100	137
Viskozitní třída ISO	320
Viskozita, ASTM D445	
při 40 °C [$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]	320
při 100 °C [$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]	23,9
Viskozitní index, ASTM D2270	95
Bod tuhnutí [°C], ASTM D97	-9
Bod vzplanutí [°C], ASTM D92	286
Hustota při 15 °C, ASTM D4052 [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]	900
Deemulgace u nevysokotlakých olejů, ASTM D2711, ml vody	39
Deemulgace při 82 °C, ASTM D1401, Čas do odloučení 3ml vody [min]	25
Ochrana proti rezivění, ASTM D665, destilovaná voda	splňuje
Zkouška pěnovosti, ASTM D892, S1, Tendence / Stabilita pěny [ml/ml]	0/0

5.2 AGIP ACER

Průmyslové oleje AGIP ACER jsou vhodné jednak jako oběhové oleje pro ložiska a převody obráběcích strojů, ale také pro kompresory, vodní turbíny, papírenské stroje a ventilátory. Lze je také použít pro hydrauliku, pokud nejsou vyžadovány požadavky na zvýšenou odolnost vůči tlaku nebo čistící schopnost. Vyznačují se dobrou ochranou proti korozi, neutralitou vůči všem kovům a dobrou deemulgační charakteristikou. Vykazují vysoký stupeň čistoty a příznivé viskozitně – teplotní chování, dobrou tekutost v chladu, vysokou stabilitou vůči degradaci, schopnost snášet tepelné zatížení a separovat vzduch [14].

VÝHODY:

- *Ochranu proti korozi*
- *Neutralita vůči všem kovům*
- *Dobrá oddělitelnost od vody a vzduchu*
- *Nízká pěnivost*
- *Vysoká odolnost vůči stárnutí*

Tab. 2 – Charakteristické vlastnosti oleje AGIP ACER 320

AGIP ACER	320
Viskozitní třída ISO	320
Viskozita	
při 40 °C [$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]	300
při 100 °C [$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]	24,6
Viskozitní index	95
Bod tuhnutí [°C]	-6
Bod vzplanutí [°C]	295
Hustota při 15 °C [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]	900
Deemulgační schopnost při 54 °C [min]	/
Deemulgační schopnost při 82 °C [min]	20
Číslo kyselosti	0,08
Stárnutí – zvýšení neutralizačního čísla po 1000 hod [$\text{mg KOH} \cdot \text{g}^{-1}$]	1,0
Zkouška pěnivosti, ASTM D 892, S1, S2, Tendence / Stabilita pěny [ml/ml]	S1 10/0 S2 0/0

5.3 Hlavní požadavky na oleje

Mazivo musí být vysoce kvalitní olej, zbaven kyselin a jiných nečistot. Vzhledem k účinkům provozu válcovacího zařízení by toto mazivo mělo vykazovat vysokou odolnost proti oxidaci a tvorbě usazenin. Je nutné aby mělo schopnost rychle separovat vodu, vzduch a jiné nečistoty. Pro mazání ložisek Morgoil musí olej splňovat tyto základní parametry:

- Požadovaná viskozita
- Vhodné deemulgační vlastnosti
- Požadovaný bod vzplanutí
- Neutralizační číslo
- Dobré mazivostní vlastnosti
- Antikorozní vlastnosti

Tyto parametry jsou klíčové pro bezproblémový chod válcovny. Je důležité je sledovat a vhodnými tribologickými metodami kontrolovat. Touto problematikou se zabývá Tribotechnická diagnostika.

5.4 Tribotechnická diagnostika

„Tribotechnická diagnostika je jednou z metod bezdemontážní technické diagnostiky využívající mazivo jako médium pro získávání informací o mechanických změnách v technických systémech, u nichž jsou maziva aplikována. Jejím posláním je zjišťovat, vyhodnocovat a oznamovat výskyt cizích látek v mazivu, a to jak z hlediska kvantitativního, tak také kvalitativního. Vhodná interpretace výsledků z provedených zkoušek umožňuje nejen včasné upozornit na příznaky vznikající poruchy, ale v řadě případů umožní také i lokalizaci místa vzniku mechanické závady“ (Helebrant, Ziegler, Marasová, [1], str. 97).

5.5 Metody tribotechnické diagnostiky

Metody využitelné v případě průmyslových olejů podle Helebranta, Zieglera a Marasové [1] dělíme do dvou hlavních skupin dle sledované veličiny:

A) Sledování stavu opotřebení:

1) Metody pro stanovení koncentrace otěrových kovů:

- atomová spektrofotometrie
 - atomová emisní spektrofotometrie
 - atomová absorpční spektrofotometrie
- polarografie a voltametrie

2) Metody pro hodnocení morfologie a distribučního rozdělení kovů:

- částicová analýza neboli ferografie s vyhodnocením
 - feroskopickým (morfologie a chemické složení)
 - ferodenzimetrickým (distribuce vzhledem k velikosti)

B) Sledování degradace maziva – jedná se o vyhodnocení fyzikálně chemických parametrů maziva. Maziva dělíme na motorová a průmyslová. Provádí se následující zkoušky:

- Kinematická viskozita
- Bod vzplanutí
- Obsah vody
- Číslo celkové alkality a kyselosti
- Celkové znečištění
- Mechanické nečistoty
- a jiné

5.5.1 Kinematická viskozita

Helebrant, Ziegler a Marasová [1] uvádějí, že kinematická viskozita patří mezi základní kvalitativní ukazatele olejů. Charakterizuje mazivost a slouží k vzájemnému třídění. Během provozu stroje se viskozita oleje může zvyšovat nebo snižovat.

„Zvyšování je způsobeno meziprodukty oxidační povahy, produkty částečné oxidace oleje, vytvářením emulze těchto produktů s vodou, případně znečišťováním kondenzačními produkty. Snižování viskozity je způsobeno především tepelnou a mechanickou degradací aditiv, popřípadě záměnou olejů, vniknutím vody nebo jiných zředujících látek do systému“ (Helebrant, Ziegler, Marasová, [1], str. 102).

Při nízké viskozitě dochází k meznímu až suchému tření s důsledkem nadměrného opotřebení, popřípadě zadření třecích ploch. Vysoká viskozita vlivem velkého koeficientu tření způsobuje ztráty energie. U průmyslových olejů je charakteristická závislost jejich viskozity na teplotě. Změna teploty o 1 °C způsobí změnu viskozity až o 5 %. Vlastní měření se realizuje pro kinematickou viskozitu. Pro další bezporuchový chod se všechny uvedené změny posuzují, aby bylo zabezpečeno sledování změn kinematické viskozity. Změny, které nastanou, mohou mít za následek, že mazivo ztrácí schopnost dostatečně mazat a tento stav vede k neočekávaným haváriím [1].

Dále Helebrant, Ziegler a Marasová [1] popisují, že se používá mnoho jednoduchých metod k rychlému a pohotovému hodnocení s konečným určením hodnoty, rozhodující o další použitelnosti oleje. Zejména se jedná se o výtokové pohárky rozdílné konstrukce, měřící dobu výtoku. Měřit lze při odlišných teplotách. Výsledek se zjišťuje z grafických závislostí a přibližně určuje možnost následujícího použití oleje v provozu. Během užívání oleje by se viskozita neměla změnit o více než $\pm 20 \%$.

Kinematická viskozita olejů se měří při teplotě 40 °C. Metodu specifikuje norma ČSN EN ISO 3104 – (Ropné výrobky) Průhledné a neprůhledné kapaliny – Stanovení kinematické viskozity a výpočet dynamické viskozity. Tato mezinárodní norma specifikuje postup pro stanovení kinematické viskozity průhledných i neprůhledných kapalných ropných výrobků. Zkoušený olej se nalije do viskozimetru a nechá temperovat v temperovací lázni 30 min. Hlavní součástí viskozimetru je skleněná kapilára, kterou při měření protéká vzorek oleje. Sleduje se čas, za který projde hladina oleje od horní ke spodní rysce. Poté se kinematická viskozita zkoušeného vzorku vypočítá dle vztahu:

$$\nu = c \cdot \tau \quad [\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}]$$

Kde: c – konstanta viskozimetru

τ – aritmetický průměr doby průtoku viskozimetru



Obr. 18 – Kapilární viskozimetr (dvouplášťový) [9]

Závislost viskozity na teplotě vyjadřuje hodnota viskozitního indexu. Čím méně se mění viskozita s teplotou, tím vyšší je viskozitní index. Viskozitní index specifikuje norma ASTM D2270/ČSN ISO 2909 – (Ropné výrobky) Výpočet viskozitního indexu z kinematické viskozity.

Viskózní klasifikace průmyslových olejů jsou charakterizovány normou ASTM D445/ISO 3448. Specifickou veličinou je hodnota kinematické viskozity při 40 °C. Jednotlivé třídy spolu s příslušnými viskozitami jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 3 – Viskózní třídy průmyslových olejů dle ISO 3448/ASTM D2422

Viskozitní třída	Kinematická viskozita při 40 °C [mm ² · s ⁻¹]	
	minimálně	maximálně
ISO VG 2	1,98	2,42
ISO VG 3	1,98	3,52
ISO VG 5	4,14	5,06
ISO VG 7	6,12	7,48
ISO VG 10	9	11,0
ISO VG 15	13,5	16,5
ISO VG 22	19,8	24,2
ISO VG 32	28,8	35,2
ISO VG 46	41,4	50,6
ISO VG 68	61,2	74,8
ISO VG 100	90	110
ISO VG 150	135	165
ISO VG 220	198	242
ISO VG 320	288	352
ISO VG 460	414	506
ISO VG 680	612	748
ISO VG 1000	900	1100
ISO VG 1500	1350	1650

5.5.2 Deemulgační vlastnosti

Přítomnost vody v oleji je nežádoucí. Urychluje jeho degradaci, napomáhá korozi, způsobuje tvorbu emulzí apod. Deemulgační schopnost ropných nebo syntetických olejů oddělit při dané teplotě vodu stanovuje norma ASTM D2711/ČSN ISO 6614. Podstata metody spočívá v promíchávání stejných objemů zkoušeného vzorku a destilované vody nebo roztoku anorganických solí v odměrném válci po stanovenou dobu při teplotě 54 ± 2 °C nebo 82 ± 1 °C. Určuje se čas potřebný k rozdělení emulzí.

Příprava ke zkoušce

Odměrný válec se vyčistí organickým rozpouštědlem, aby se odstranil zbytek vzorku z předešlé zkoušky, opláchne se acetonem a nakonec vodou. Poté se válec umyje chromsírovou směsí a opláchne vodou. Míchadlo a hřidelka se očistí bavlněnou tkaninou napuštěnou rozpouštědlem.

Provedení zkoušky

Kapalina v termostatu se ohřeje na 54 ± 2 °C nebo 82 ± 1 °C podle požadavku a po dobu zkoušky se udržuje s odchylkou maximálně ± 1 °C. Všechny složky emulze se před nalitím do válce ohřejí na teplotu zkoušky. Teplota zkoušky se volí v závislosti na viskozitě. Při viskozitě větší než $90 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ se zkouška provádí při teplotě 82 ± 1 °C, při viskozitě nižší než $90 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ se pak provádí při teplotě 54 ± 2 °C. Přesný průběh zkoušky je popsán v uvedené normě. Analýza se považuje za ukončenou, když se objem emulze v průběhu posledního pětiminutového intervalu zmenšil na 3 cm^3 nebo méně.

Vyhodnocení deemulgace

Jako výsledek se udává množství oleje a vody, které se oddělilo v průběhu zkoušky a udává se v cm^3 , popřípadě ml.

Příklad označení: 42 - 38 - 0/40

V průběhu 40 min se oddělilo 42 cm^3 oleje, 38 cm^3 vody.

Stanovení: Olej velmi zakalen (neprůzračný), voda lehce zakalená (poloprůzračná)

Příklad označení: 38 - 35 - 7/60

V průběhu 60 min se oddělilo 38 cm^3 oleje, 35 cm^3 vody a 7 cm^3 emulze.

Stanovení: Olej velmi zakalen, voda zakalená, emulze mléčná

5.5.3 Bod vzplanutí

Bod vzplanutí udává nejnižší teplotu, při které dojde ke vzplanutí par nad zkušebním vzorkem oleje zahřívaném v předepsaném přístroji. Výše bodu vzplanutí je důležitým ukazatelem jak kvality, tak bezpečnosti. U použitých olejů udává pokles bodu vzplanutí přibližnou hodnotu obsahu zředujících a hořlavých látek. Měrnou jednotkou je stupeň Celsia [°C] [1].

Bod vzplanutí v otevřeném kelímku charakterizuje norma ASTM D92. Zkušební vzorek se zahřívá v otevřeném kelímku předepsanou rychlostí až do okamžiku prvního vzplanutí nahromaděných par nad hladinou oleje po přiblížení zkušebního plamínku. Metodu lze použít pro kapaliny s bodem vzplanutí nad 79 °C s výjimkou topných olejů, které mají bod vzplanutí pod 79 °C.



Obr. 19 – Přístroj pro určení bodu vzplanutí v otevřeném kelímku [10]

5.5.4 Stanovení čísla kyselosti a čísla alkality

Helebrant, Ziegler a Marasová [1] uvádějí, že mezi parametry sledující provozní znehodnocování olejů v praxi se řadí i údaje o podílu chemických složek v oleji. Jejich obsah ovlivňují provozními faktory, režim zařízení, kvalita oleje a jeho ošetřování. Ropa obsahuje naftenové kyseliny a menší měrou i mastné kyseliny a fenoly. V průběhu provozního stárnutí olejů vznikají nižší a vyšší organické kyseliny. Volné minerální kyseliny způsobují korozi, a proto je jejich přítomnost v olejích nežádoucí, obzvláště z důvodu, že způsobují chemické opotřebení. Z toho vyplývají dva negativní důsledky:

- Zvýšení korozivnosti oleje jako důsledek vyšší kyselosti
- Špatná funkce oleje jako důsledek nesprávné viskozity

Vzhledem k tomu, že číslo kyselosti je významný ukazatel postihující stárnutí průmyslových olejů, je třeba jeho stanovení věnovat patřičnou pozornost. U průmyslových olejů dochází mnohem rychleji ke znečištění než ke stárnutí [1].

Stanovení čísla kyselosti a čísla alkality udává norma ASTM D974/ISO 6618. Norma popisuje metodu titrace na barevný indikátor pro stanovení kyselých a zásaditých složek v ropných výrobcích a mazivech, které jsou rozpustné ve směsi toluenu a isopropylalkoholu. U olejů se číslo kyselosti stanoví v $\text{mg KOH} \cdot \text{g}^{-1}$.

5.5.5 Schopnost odlučovat vzduch

Pěnivost oleje je závažný problém a dochází k ní při kontaktu se vzduchem. Přítomnost vzduchu podporuje stárnutí oleje, způsobuje nestabilitu systému, kavitaci, hlučnost a nedostatečné mazání, které může vyústit v mechanické selhání dané soustavy.

Pěnivost specifikuje norma ASTM D892. Zkouška spočívá v přivádění vzduchu do měřeného vzorku oleje. Skládá se ze tří sekvencí. Porézní kuličkou je vháněn vzduch do oleje zahřátého na 24 °C po dobu 5 min, poté se ihned zaznamená výška pěny. Nechá se usadit a znovu se zaznamenává po 10 min. Zkouška se opakuje u druhého vzorku při teplotě 93,5 °C (sekvence 2) a pak po kolapsu pěny při 24 °C (sekvence 1). Vyjadřuje se jako stabilita pěny a tendence.



Vhánění vzduchu do vzorku oleje při teplotě 24°C



Měří se výška pěny

Obr. 20 – Pěnivost [11]

5.5.6 Ochrana proti korozi

Koroze je samovolné, postupné narušování kovů vlivem okolního prostředí, způsobující znehodnocení materiálu. Toto oslabování struktury se může projevovat rozdílně, od změny vzhledu až po úplný rozpad celistvosti. Antikorozní vlastnosti olejů charakterizuje norma ASTM D665.

Tab. 4 – Korozivní úrovně dle ASTM D665

A	0%	bez rzi
B + +	0,1 %	nebo méně povrchu je pokryto korozí
B +	0,1 ÷ 5 %	povrchu je pokryto korozí
B	5 ÷ 25 %	povrchu je pokryto korozí
C	25 ÷ 50 %	povrchu je pokryto korozí
D	50 ÷ 75 %	povrchu je pokryto korozí
E	75 ÷ 100 %	povrchu je pokryto korozí

Vzorek oceli se ponoří do lázně s analyzovaným olejem a destilovanou vodou, ohřáté na předepsanou teplotu, která je neustále během testu míchána. Po stanovené době se test ukončí a u vzorku se zjišťuje úroveň koroze.



Korozivní úroveň C



Korozivní úroveň A

Obr. 21 – Antikorozní vlastnosti [12]

6 Úvod do vlastního měření

Cílem této diplomové práce je pomocí metod tribotechnické diagnostiky provést rozbor obou variant olejových náplní (původně používaný Mobil Vacuoline 137, nově aplikovaný AGIP ACER 320) a určit, který typ se vzhledem k ceně a užitným vlastnostem jeví jako vhodnější.

6.1 Odběr vzorků oleje

Aby analýza čistoty pracovní kapaliny z pohledu tribodiagnostiky byla skutečně objektivní, je nutné při odběru dodržovat určité předpisy, jelikož nesprávný odběr vzorků způsobí zkreslené výsledky při rozboru. Pravidelné odběry mazacích olejů v Třineckých železárnách popisuje směrnice TOP TŽ – 39/02. Odběry jsou prováděny na základě harmonogramu, který je vypracován technologem tribotechniky ve spolupráci s technologem oprav daného provozu. Tento harmonogram může být změněn z důvodu posunu oprav daného zařízení, problémů s průnikem vody do olejových centrál apod. [14].

Odběr vzorků olejů má rozhodující význam pro přesné stanovení jednotlivých ukazatelů jakosti olejových náplní. Vzorek musí představovat průměrné složení používaného maziva ve strojním zařízení. Musí být odebrán kvalifikovaným pracovníkem tribotechniky z předem stanoveného místa, které určí technolog tribotechniky. Jako vzorkovnice pro odběry mazacích olejů se používají polyetylénové láhve o obsahu 500 ml. Tyto vzorkovnice se opatří štítkem s těmito údaji [14]:

- číslo vzorku
- datum odběru vzorku
- druh zařízení
- druh kapaliny

Přípravky pro vzorkovnice musí být označeny výstražným symbolem v souladu se směrnicí TOP TŽ – 32/05. Vzorky mají být uskladněny v tribotechnické laboratoři jen pro dobu nezbytně nutnou [14].

6.2 Aplikace metod tribotechnické diagnostiky

Jak již bylo řečeno v kapitole 5.3, důležitými parametry jsou kinematická viskozita, schopnost deemulgace, bod vzplanutí, neutralizační číslo, schopnost odlučovat vzduch a ochrana proti korozi. Provádění těchto rozborů je finančně značně náročné. Pro zpracování této diplomové práce mi byly poskytnuty protokoly z analýzy použitých a nových vzorků obou typů olejů, zaměřené na zjištění deemulgačních vlastností, viskozity, a součástí měření byla také analýza infračervenou spektrometrií s Fourierovou transformací.

Schopnost deemulgace určuje schopnost oleje separovat vodu a znečišťující látky. Stanovení deemulgační charakteristiky udává norma ČSN ISO 6614 popsaná v kapitole 5.5.2. V tabulkách 5 – 8 jsou uvedeny výsledky z rozboru deemulgačních vlastností obou typů olejů.

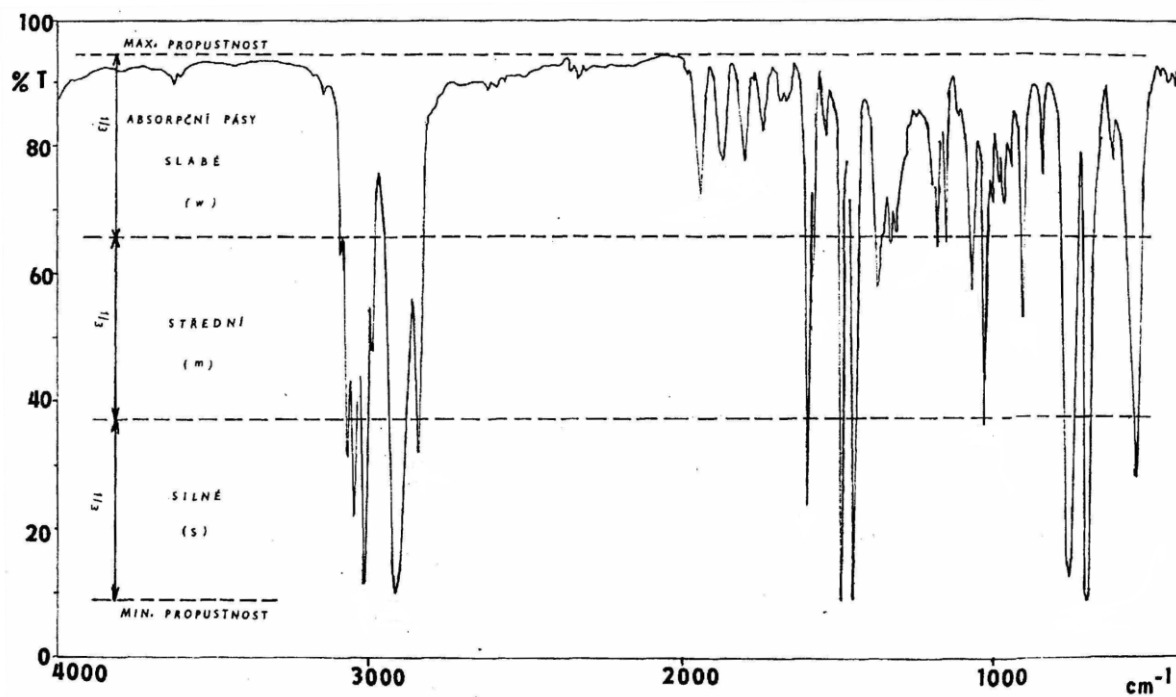
Oleje mobil Vacuoline 137 a AGIP ACER 320 mají viskozitu větší než $90 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, proto se prováděla analýza deemulgačních vlastností při teplotě $82 \text{ }^{\circ}\text{C}$, kterou udává norma vzhledem k viskozitě a při $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$, což je provozní teplota v systému.

Zjištění kinematické viskozity bylo provedeno při teplotě $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Metodu charakterizuje norma ČSN EN ISO 3104.

6.2.1 Infračervená spektrometrie

Infračervená spektrometrie, řadí se do skupiny nedestruktivních analytických metod, měří absorpci infračerveného záření o různé vlnové délce. Celá oblast se dělí na blízký ($13000 - 4000 \text{ cm}^{-1}$), střední ($4000 - 200 \text{ cm}^{-1}$) a vzdálený infračervený pás ($200 - 10 \text{ cm}^{-1}$). Graf znázorňuje kartézský souřadnicový systém, kde svislá osa y reprezentuje transmitanci (propustnost), jež je definována jako poměr intenzity záření, která prošla vzorkem, k intenzitě záření vyzářené zdrojem. Transmittance se označuje velkým písmenem T [%]. Vodorovná osa x představuje vlnčet, tzn. převrácenou hodnotu vlnové délky $\sigma = \frac{1}{\lambda}$ a označuje se řeckým písmenem σ [m^{-1}]. Pomocí matematické metody Fourierovy (kosinové) transformace lze výsledek měření převést na klasický spektrální záznam [13].

Obecně platí, že pásy degradace se typicky sledují v oblasti $1660 - 1710 \text{ cm}^{-1}$. Také se sledují pásy aromatických uhlovodíků v oblastech 1600 a 815 cm^{-1} (termooxidace). Dále je možno pozorovat pásy přísad. Pás 3650 cm^{-1} charakterizuje nízkoteplotní antioxidanty na bázi stíněných fenolů nebo také aminů. V oblasti 970 a 670 cm^{-1} se sledují pásy protioděrových přísad [14].



Obr. 22 – Příklad spektra infračervené spektrometrie [13]

6.3 Rozbor naměřených hodnot

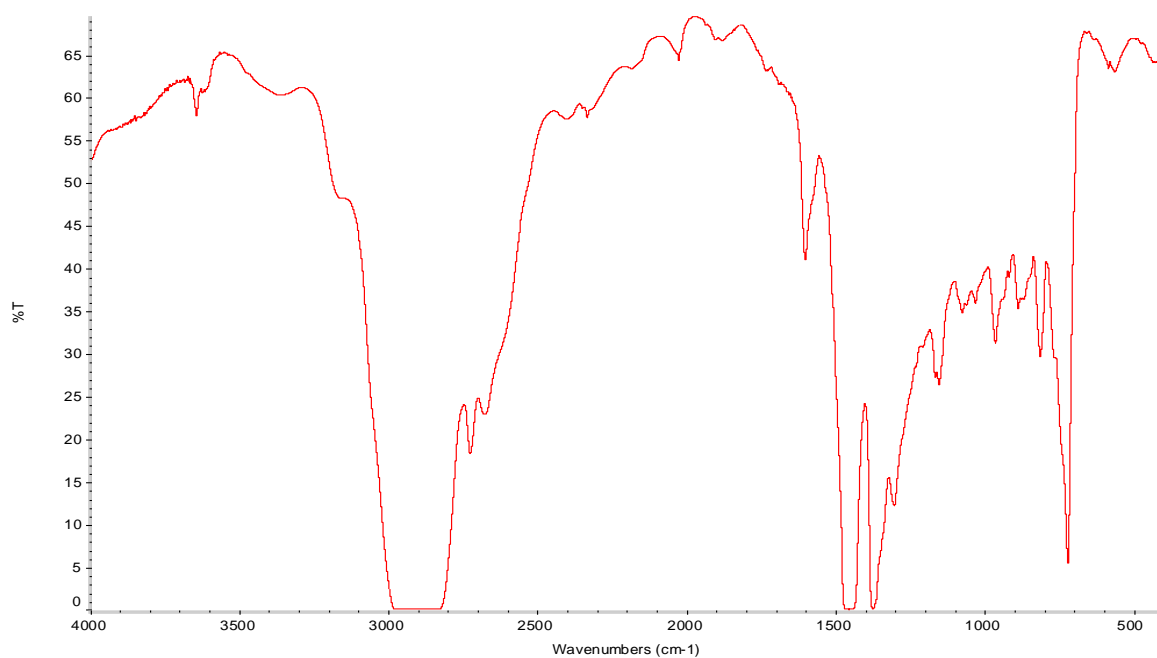
Tab. 5 – Tabulka deemulgačních vlastností nového oleje Mobil Vacuoline 137

Nový	Jednotka	Výsledek dle ČSN ISO 6614
Deemulgační schopnost při 40 °C, (olej – voda – emulze)	ml – ml – ml/min	1 - 31 - 48/60
Deemulgační schopnost při 82 °C, (olej – voda – emulze)	ml – ml – ml/min	42 - 38 - 0/25

Vyhodnocení:

Deemulgační schopnost při 40 °C: V průběhu 60 min se oddělil 1 ml oleje, 31 ml vody a 48 ml emulze.

Deemulgační schopnost při 82 °C: V průběhu 25 min se oddělilo 42 ml oleje a 38 ml vody.



Graf 1 – Infračervené spektrum nového oleje (Mobil Vacuoline 137) [14]

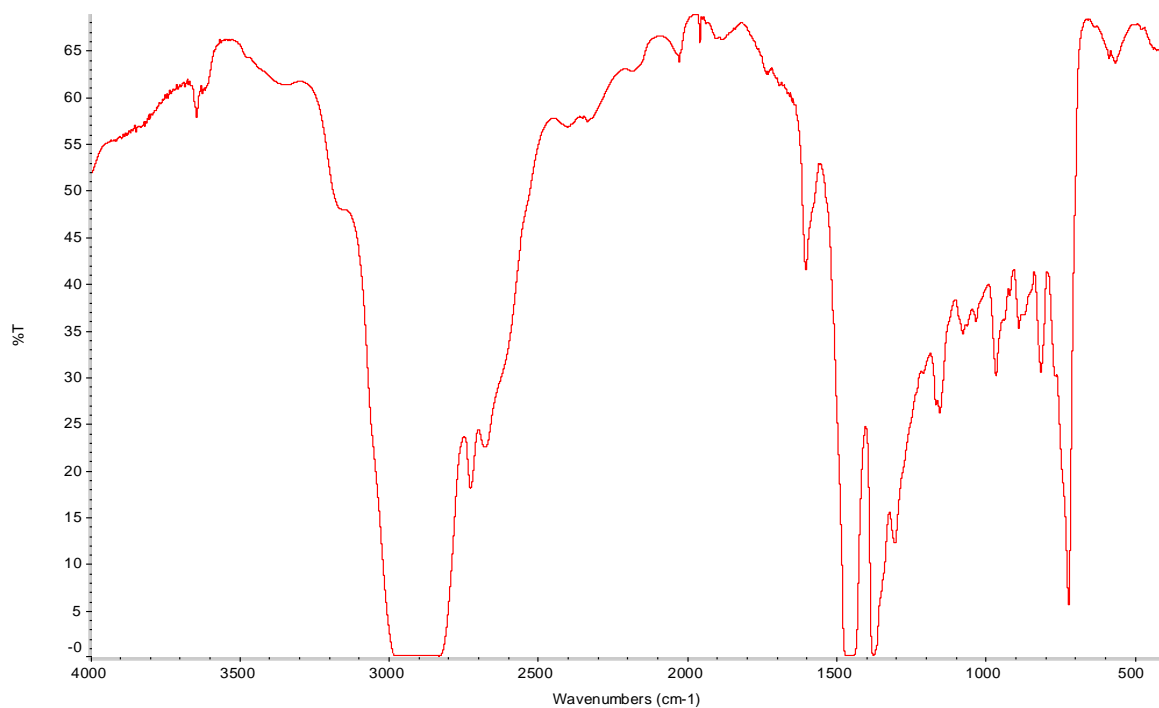
Tab. 6 – Tabulka deemulgačních vlastností použitého oleje Mobil Vacuoline 137

Použitý	Jednotka	Výsledek dle ČSN ISO 6614
Deemulgační schopnost při 40 °C, (olej – voda – emulze)	ml – ml – ml/min	0 - 24 - 56/60
Deemulgační schopnost při 82 °C, (olej – voda – emulze)	ml – ml – ml/min	42 - 38 - 0/20

Vyhodnocení:

Deemulgační schopnost při 40 °C: V průběhu 60 min se oddělilo 0 ml oleje, 24 ml vody a 56 ml emulze.

Deemulgační schopnost při 82 °C: V průběhu 20 min se oddělilo 42 ml oleje a 38 ml vody.



Graf 2 – Infračervené spektrum použitého oleje (Mobil Vacuoline 137) [14]

Tab. 7 – Tabulka deemulgačních vlastností nového oleje AGIP ACER 320

Nový	Jednotka	Výsledek dle ČSN ISO 6614
Deemulgační schopnost při 40 °C, (olej – voda – emulze)	ml – ml – ml/min	1 - 31 - 48/60
Deemulgační schopnost při 82 °C, (olej – voda – emulze)	ml – ml – ml/min	42 - 38 - 0/25

Vyhodnocení:

Deemulgační schopnost při 40 °C: V průběhu 60 min se oddělil 1 ml oleje, 31 ml vody a 48 ml emulze.

Deemulgační schopnost při 82 °C: V průběhu 25 min se oddělilo 42 ml oleje a 38 ml vody.



Graf 3 – Infračervené spektrum nového oleje (AGIP ACER 320) [14]

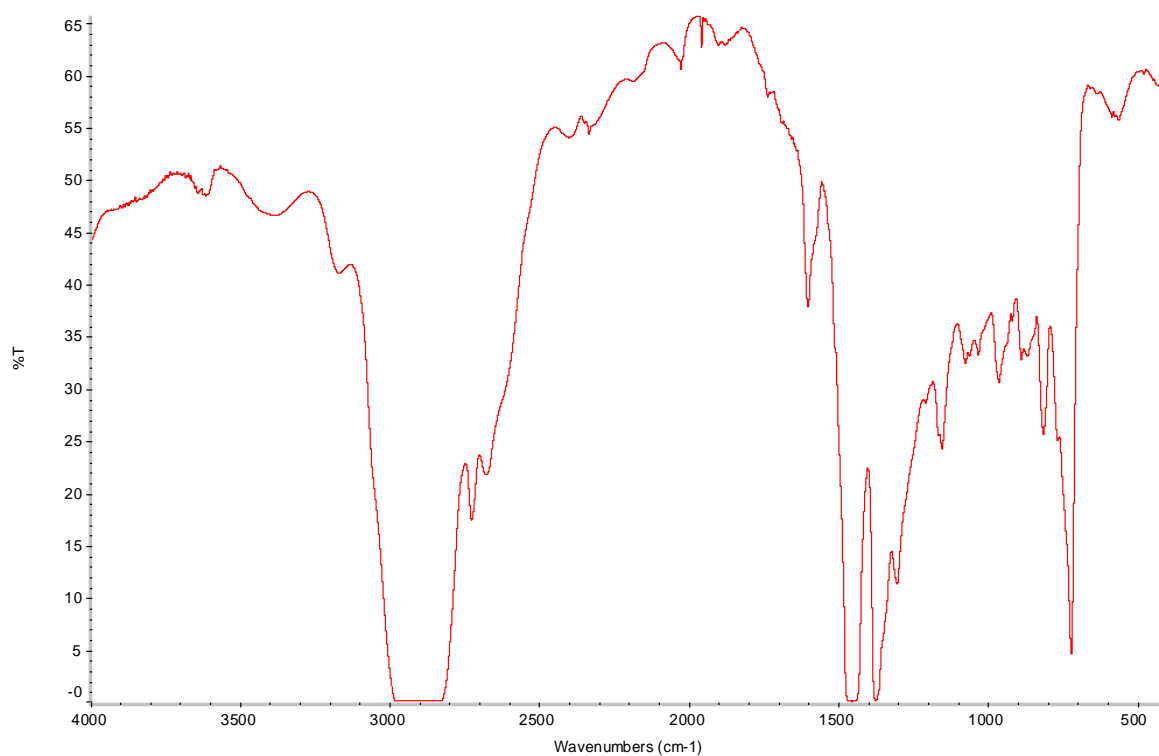
Tab. 8 – Tabulka deemulgačních vlastností použitého oleje AGIP ACER 320

Použitý	Jednotka	Výsledek dle ČSN ISO 6614
Deemulgační schopnost při 40 °C, (olej – voda – emulze)	ml – ml – ml/min	0 - 19 - 61/60
Deemulgační schopnost při 82 °C, (olej – voda – emulze)	ml – ml – ml/min	42 - 37 - 0/60

Vyhodnocení:

Deemulgační schopnost při 40 °C: V průběhu 60 min se oddělilo 0 ml oleje, 19 ml vody a 61 ml emulze.

Deemulgační schopnost při 82 °C: V průběhu 60 min se oddělilo 42 ml oleje a 37 ml vody.



Graf. 4 – Infračervené spektrum použitého oleje (AGIP ACER 320) [14]

Tab. 9 – Tabulka kinematické viskozity nového oleje Mobil Vacuoline 137

Nový	Jednotka	Výsledek dle ČSN EN ISO 3104
Viskozita při 40 °C	$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	311,6
Viskozita při 100 °C	$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	23,9

Tab. 10 – Tabulka kinematické viskozity použitého oleje Mobil Vacuoline 137

Použitý	Jednotka	Výsledek dle ČSN EN ISO 3104
Viskozita při 40 °C	$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	307,9
Viskozita při 100 °C	$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	22,5

Tab. 11 – Tabulka kinematické viskozity nového oleje AGIP ACER 320

Nový	Jednotka	Výsledek dle ČSN EN ISO 3104
Viskozita při 40 °C	$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	313,2
Viskozita při 100 °C	$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	24,6

Tab. 12 – Tabulka kinematické viskozity použitého oleje AGIP ACER 320

Použitý	Jednotka	Výsledek dle ČSN EN ISO 3104
Viskozita při 40 °C	$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	295,4
Viskozita při 100 °C	$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	21,8

6.4 Zhodnocení rozboru

Při analýze nových vzorků bylo zjištěno, že deemulgační vlastnosti obou typů olejů jsou totožné. Z rozboru použitých olejů vyplívá skutečnost, že Mobil Vacuoline 137 má lepší deemulgační charakteristiku. Je zřejmé, že tento olej při teplotě 82 °C vykazuje rychlejší schopnost odlučovat vodu. Za 20 min separuje 42 ml oleje a 38 ml vody, oproti tomu AGIP ACER za čas 60 min odloučí 43 ml oleje a 37 ml vody. Při teplotě 40 °C jsou deemulgační charakteristiky obou analyzovaných olejů téměř shodné.

Na spektru z infračervené spektrometrie lze vidět, že v analyzovaném vzorku použitého oleje AGIP ACER 320 je evidentně voda (pásky 3400 a 1640 cm^{-1}). Nejeví se to však kriticky. Má výraznější pásky aromatických uhlovodíků a v oblasti 1660 - 1700 cm^{-1} jsou pozorovatelné drobné pásky produktů degradace → mírná degradace.

Použitý olej Mobil Vacuoline 137 má v porovnání s novým olejem jen nepatrně menší pásky přísad. V oblasti 1660 - 1710 cm^{-1} nejsou prakticky žádné výraznější pásky produktů degradace → minimální degradace.

Analyzovaný vzorek použitého oleje AGIP ACER má kinematickou viskozitu vzhledem k novému vzorku nižší z důvodu přítomnosti vody. U použitého a nového oleje Mobil Vacuoline 137 je viskozitní rozdíl minimální.

7 Ekonomický rozbor

Pro ekonomické zhodnocení provozních nákladů při změně olejové náplně mi byla poskytnuta kniha záznamů o měření stavu hladiny oleje v nádržích za období posledních dvou let. V únoru 2010 změnil úsek zajišťující mazání předválečího a středního pořadí dříve aplikovaný olej Mobil Vacuoline 137 za AGIP ACER 320. Proto v ekonomickém porovnání zahrnu pouze časový úsek tří dekád, konkrétně 25. 1. – 30. 4. 2009, kdy byl používán olej Mobil Vacuoline 137 a 8. 2. – 3. 5. 2010, jež představuje dobu nasazení oleje AGIP ACER.

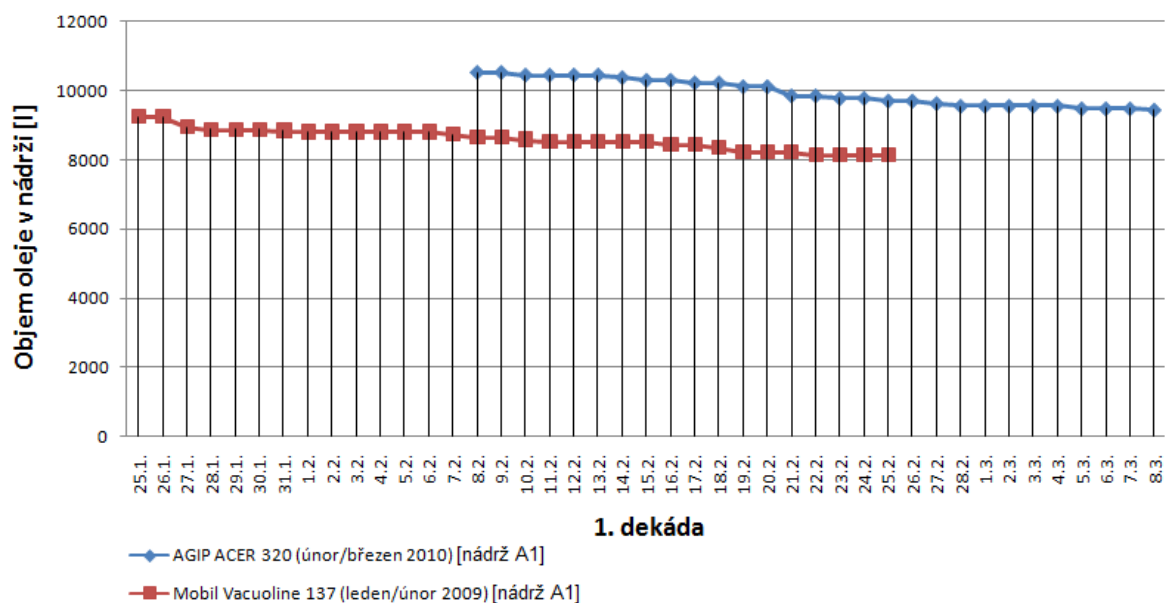
Jak už bylo řečeno v kapitole 4.1, nádrže jsou dvě. První má označení A1, druhá A2. Střídavě se používají po uplynutí jedné dekády, což představuje doba čtyř týdnů, a to z důvodu odkalení nádrže, regenerace oleje apod.

Vzhledem k tomu, že skutečné pořizovací náklady daného provozu na nákup olejů jsou obchodním tajemstvím, specifikovaným směrnicí TOP TŽ – 38/06 (Ochrana obchodního tajemství a důvěrných informací), budu v práci uvádět aktuální internetové ceny, potvrzené jednotlivými zástupci výrobců obou druhů olejů. Známý je pouze fakt, že dříve používaný olej Mobil Vacuoline 137 byl nahrazen olejem AGIP ACER 320 z důvodu lepší cenové nabídky.

Tab. 13 – Ceny průmyslových maziv

Označení výrobku	cena [Kč/litr]
Mobil Vacuoline 137	80 Kč/litr
AGIP ACER 320	65 Kč/litr

7.1 Stav hladiny oleje v nádrži za 1. dekádu



Graf 5 – Stav oleje v nádrži za danou dekádu

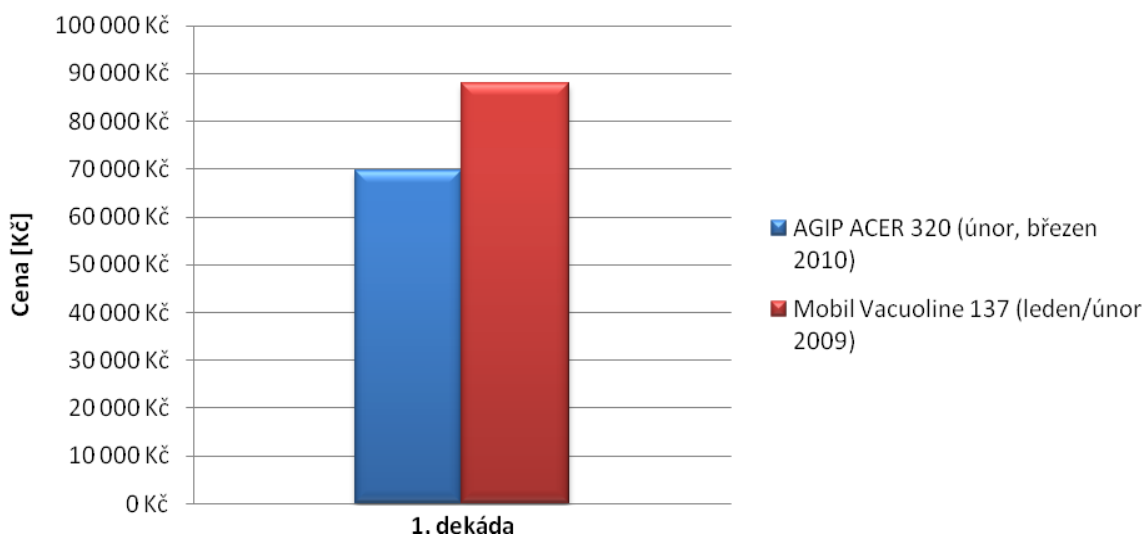
Tab. 14 – Poznámky ke grafu (5)

AGIP ACER 320	poznámky
9. 2. 2010	Odstředivka zapnuta - A1
10. 2. 2010	Odstředivka vypnuta - A1
6. 3. 2010	Odkalení nádrže A1
Mobil Vacuoline 137	poznámky
2. 2. 2009	Odkalení nádrže A1

V grafu (5) je zaznamenán stav hladiny v nádrži za první analyzovanou dekádu. Olej AGIP ACER byl zaveden do provozu dne 8. 2. 2010, stav v nádrži 10 508 l. Na konci první dekády, respektive 8. 3. 2010, byl objem v nádrži 9 435 l. Červený průběh grafu představuje olej Mobil Vacuoline 137, používaný v období 25. 1. – 25. 2. 2009. Stav oleje v nádrži na začátku udával hodnotu 9 250 l. Čtyřtýdenní dekáda skončila 25. 2. 2009, stav hladiny vykazoval hodnotu 8 436 l.

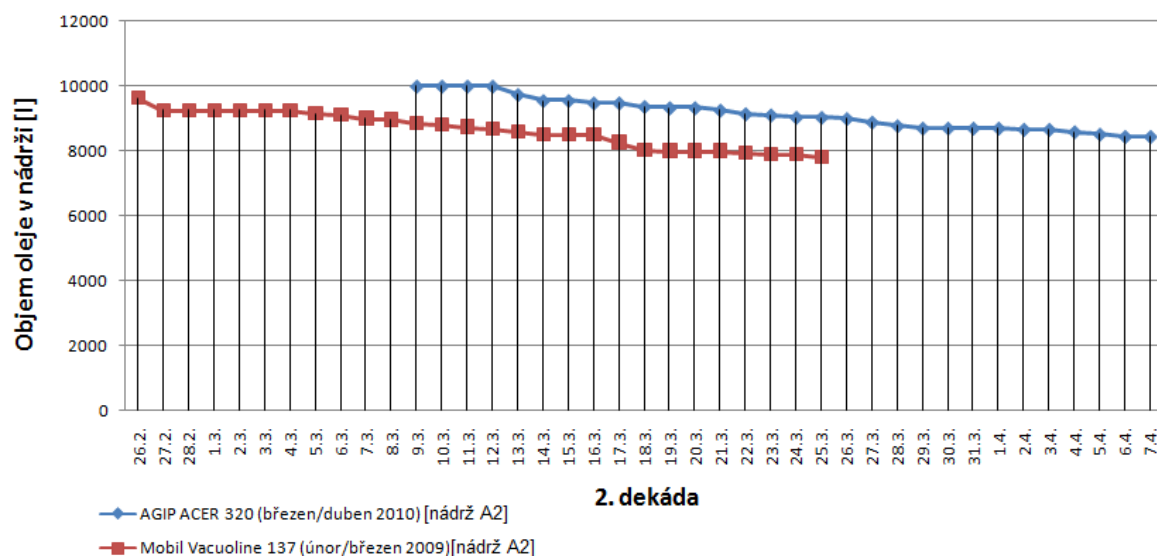
Za období 8. 2. – 8. 3. 2010 poklesla hladina v nádrži u nově používaného oleje AGIP ACER 320 o **1 073 l**. Poruchy v daném období způsobily ztrátu 74 l. U oleje Mobil Vacuoline 137 za období 25. 1. – 25. 2. 2009 poklesla hladina v nádrži o **1 110 l**.

Při ceně 65 Kč/litr za oběhový olej AGIP ACER 320 a ztrátě 1 073 l oleje tvoří náklady **69 745 Kč** za první dekádu 2010. Náklady u průmyslového maziva Mobil Vacuoline 137 činí při ztrátě 1110 l a nákladech 80 Kč/litr částku **88 000 Kč** za období 25. 1. – 25. 2. 2009.



Graf 6 – Náklady za danou dekádu

7.2 Stav hladiny oleje v nádrži za 2. dekádu



Graf 7 – Stav oleje v nádrži za danou dekádu

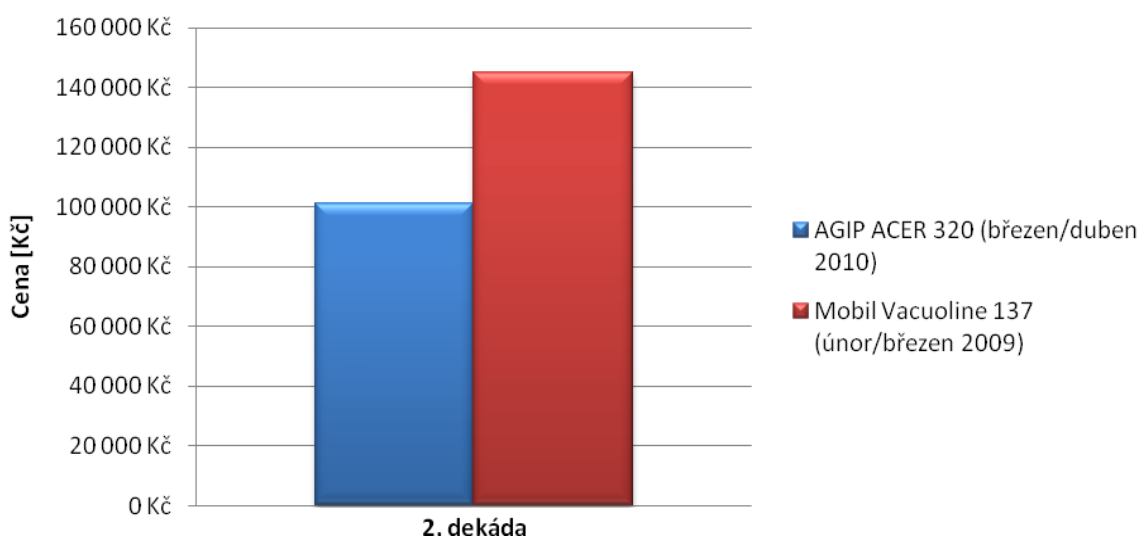
Tab. 15 – Poznámky ke grafu (7)

AGIP ACER 320	poznámky
12. 3. 2010	Odstředivka zapnuta - A2
13. 3. 2010	Odstředivka vypnuta - A2
31. 3. 2010	Odkalení nádrže A2
1. 4. 2010	Odkalení nádrže A2
Mobil Vacuoline 137	poznámky
2. 3. 2009	Odkalení nádrže A2
17. 3. 2009	Odstředivka zapnuta - A2
17. 3. 2009	Odstředivka vypnuta - A2
26 - 31. 4. 2009	Prostoj

Ve druhé dekádě roku 2010 vykazovala hladina u průmyslového oleje AGIP ACER 320 hodnotu 9 990 l. Na konci plánované čtyřtýdenní dekády klesla hladina oleje v nádrži na 8 436 l. Stav oleje Mobil Vacuoline 137 v nádrži za období 26. 2. – 25. 3. 2009 udával na začátku hodnotu 9 620 l, na konci 7 807 l. Od 26. 3 – 31. 3. 2009 byl prostoj.

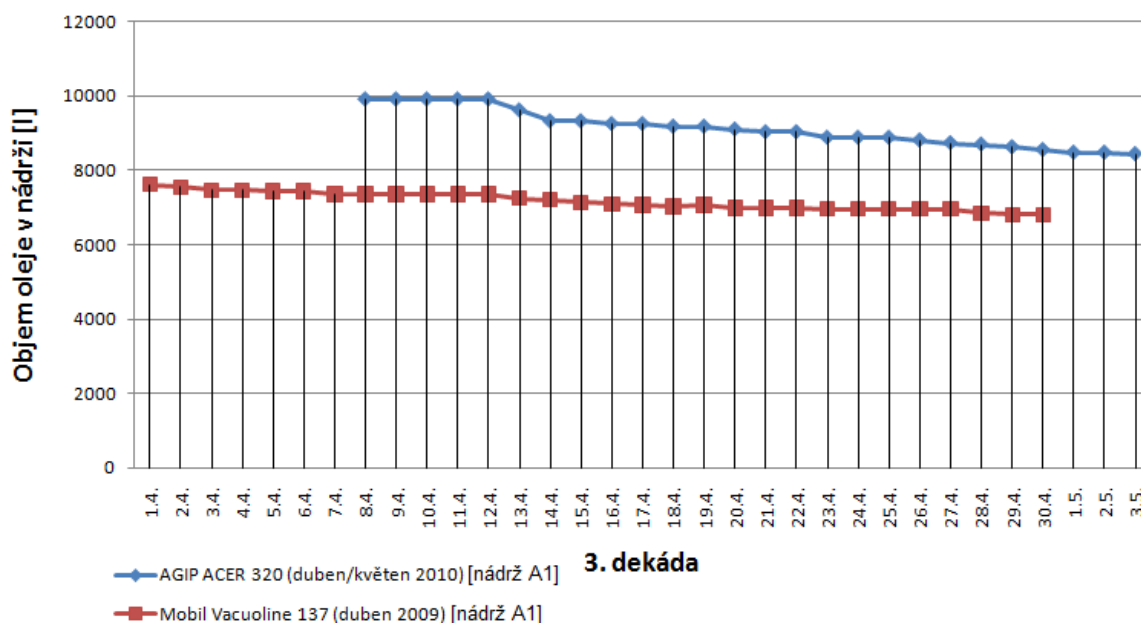
Za období 9. 3. – 7. 4. 2010 poklesla hladina v nádrži u nově používaného oleje AGIP ACER 320 o **1 554 l**. Poruchy v daném období způsobily ztrátu 444 l. U oleje Mobil Vacuoline 137 za období 26. 2. – 25. 3. 2009 poklesla hladina v nádrži o **1 813 l**. Od 26. 3. do 31. 3. 2009 byl prostoj. Poruchy v daném období způsobily ztrátu 481 l.

Při ceně 65 Kč/litr za oběhový olej AGIP ACER 320 a ztrátě 1 554 l oleje tvoří náklady **101 010 Kč** za druhou dekádu 2010. Náklady u průmyslového maziva Mobil Vacuoline 137 činí při ztrátě 1 813 l a nákladech 80 Kč/litr částku **145 040 Kč** za období 26. 2. – 25. 3. 2009.



Graf 8 – Náklady za danou dekádu

7.3 Stav hladiny oleje v nádrži za 3. dekádu



Graf 9 – Stav oleje v nádrži za danou dekádu

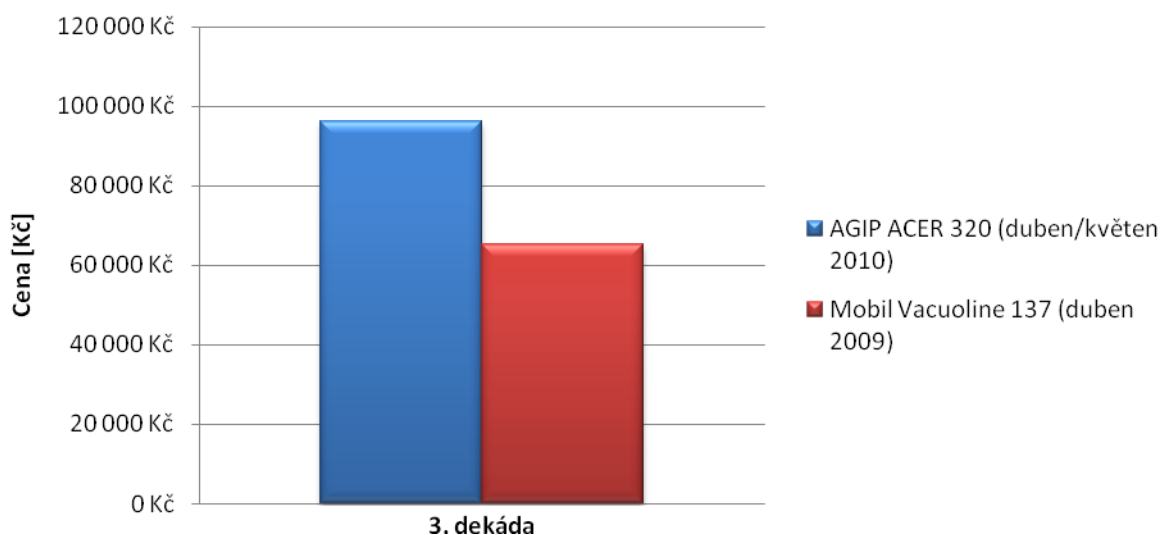
Tab. 16 – Poznámky ke grafu (9)

AGIP ACER 320	poznámky
12. 4. 2010	Odkalení nádrže A1
13. 4. 2010	Odstředivka zapnuta - A1
14. 4. 2010	Odstředivka vypnuta - A1
28. 5. 2010	Odkalení nádrže A1

Modrý průběh grafu představující průmyslový oběhový olej AGIP ACER 320 začíná dne 8. 4. 2010 na hodnotě 9 916 l, čímž udává hladinu oleje v nádrži na začátku třetí dekády. Záznam z knihy končí dne 3. 5. 2010 s hodnotou 8 436 l. Provoz má snahu nahradit tento ruční způsob zapisování adekvátním počítačovým programem. Dříve používaný olej Mobil Vacuoline 137 vykazoval na začátku dubna 2009 hodnotu 7 622 l, na konci měsíce stav hladiny udával hodnotu 6 808 l.

Za období 8. 4. – 3. 5. 2010 poklesla hladina v nádrži u nově používaného oleje AGIP ACER 320 o **1 480 l**. V protokolu o měření stavu hladiny oleje je uvedena poznámka, že 12. 4. došlo k odkalení nádrže a v době od 13. 4. – 14. 4. 2010 byla v provozu odstředivka, což způsobilo pokles hladiny o 666 l. U oleje Mobil Vacuoline 137 za období 1. 4. – 30. 4. 2009 poklesla hladina v nádrži o **814 l**.

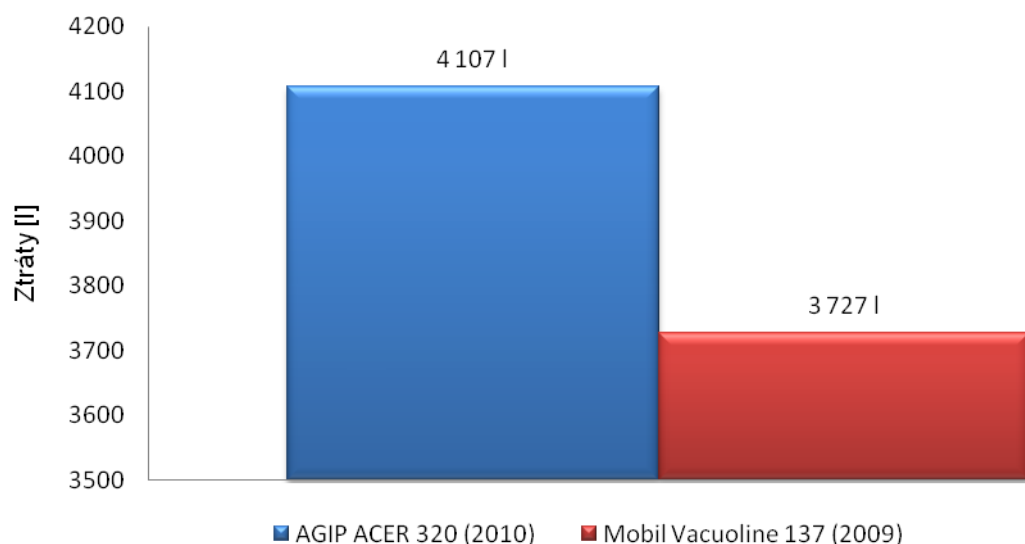
Při ceně 65 Kč/litr za oběhový olej AGIP ACER 320 a ztrátě 1 480 l oleje tvoří náklady **96 200 Kč** za třetí dekádu 2010. Náklady u průmyslového maziva Mobil Vacuoline 137 činí při ztrátě 814 l a nákladech 80 Kč/litr částku **65 120 Kč** za období 1. 4. – 30. 4. 2009.



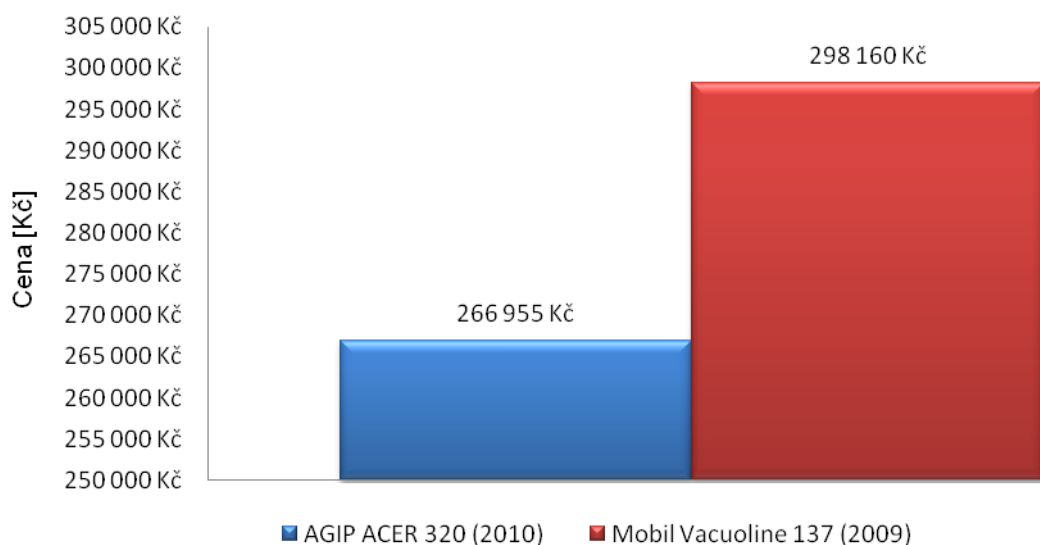
Graf 10 – Náklady za danou dekádu

7.4 Zhodnocení

Z dosavadních informací, které jsem měl k dispozici, se na základě výsledných grafů jeví olej AGIP ACER 320, vzhledem k levnějším pořizovacím nákladům a menším ztrátám, jako vhodnější varianta. Z výsledků je patrné, že za první dvě dekády jsou náklady na provoz oleje AGIP ACER nižší, než tomu bylo v případě původního oleje. Ve třetí dekádě, z důvodu poruchy, která způsobila pokles hladiny o 666 l, jsou ztráty vyšší oproti dříve používanému oleji za stejné období. I přes tuto skutečnost, díky nižším pořizovacím nákladům oleje AGIP ACER 320, jsou celkové náklady za 3 dekády menší než u prvně používaného oleje Mobil Vacuoline 137.

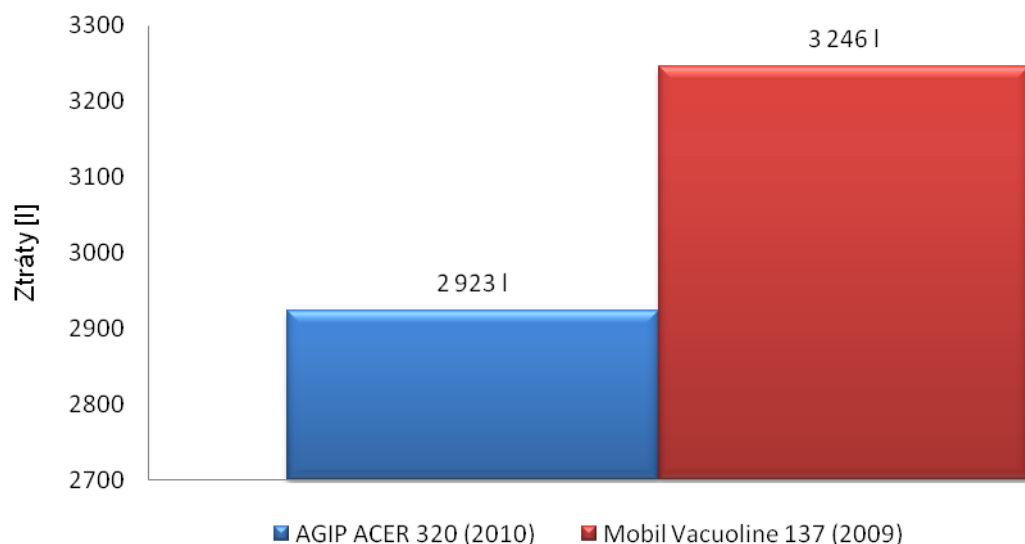


Graf 11 – Celkové ztráty oleje za 3 dekády

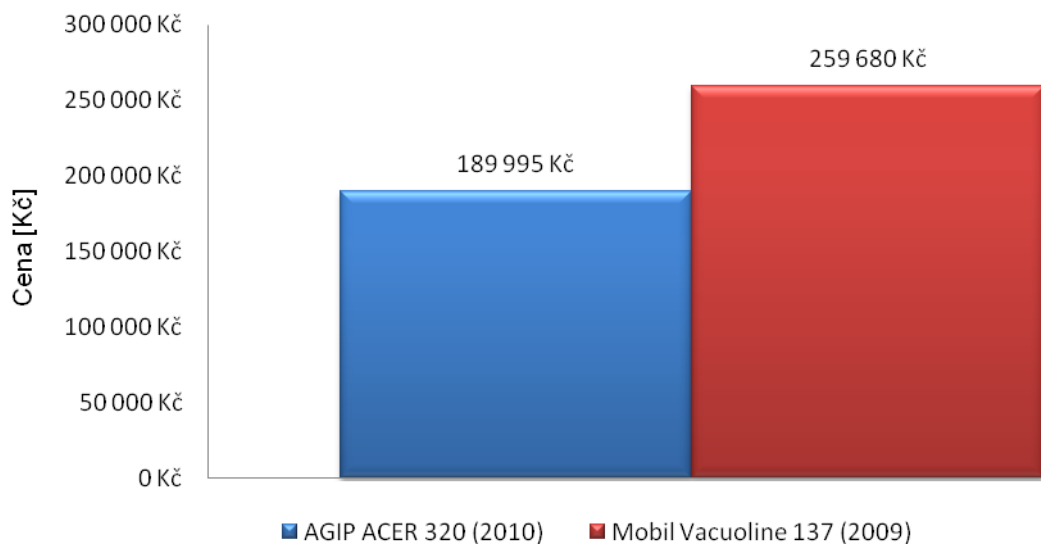


Graf 12 – Celkové náklady za 3 dekády

Vlivů ovlivňujících ztráty oleje v závislosti na provozních podmínkách je mnoho. Musíme kalkulovat s možnými poruchami v soustavě, prostoji, úniky oleje, průniky vody do systému apod. Mazání ložisek kapalinného tření je samo o sobě ztrátové. Maximální hodnotu ztráty oleje na ložisko specifikuje výrobce. V ideálním stavu, tzn. bezporuchovém, by ztráty za zpracované období tří dekád u oleje AGIP ACER 320 byly nižší, než u předchozího Mobil Vacuoline 137 za stejné období.



Graf 13 – Celkové ztráty oleje za 3 dekády v ideálním (bezporuchovém) stavu



Graf 14 – Celkové náklady za 3 dekády v ideálním (bezporuchovém) stavu

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo provést ekonomické zhodnocení na základě změny olejové náplně v provozu válcovny kontidrátu v Třineckých železárnách. K dosažení tohoto cíle bylo potřeba nejprve uvést obecné principy válcovacích procesů a popsat charakteristiku kontidrátové válcovny v Třineckých železárnách. V další části jsem se zaměřil na popis centrální mazací soustavy a hlavních prvků systému. Následující kapitola pojednává o aplikaci metod tribotechnické diagnostiky se zaměřením na popis jednotlivých zkoušek. Dále se zabývám analýzou použitého a nového vzorku obou typů olejů a porovnáním naměřených hodnot. Z výsledků provedených rozborů je patrné, že původní olej Mobil Vacuoline 137 má lepší tribologické vlastnosti, než nově aplikovaný AGIP ACER 320. Avšak celkové zhodnocení nově používaného oleje s ohledem na tribotechnickou diagnostiku, vlivu na provoz ložisek, opotřebení systému apod. bude provedeno až po ročním nasazení.

Po uvedení teoretických východisek a zpracování rozborů vzorků bylo možné přistoupit k ekonomickému zhodnocení situace při změně olejové náplně. Ztráty oleje jsou během provozu ovlivněny mnoha faktory v závislosti na provozních podmínkách. Dochází k poruchám, únikům oleje, průnikům vody do systému apod. Za zpracované období prvních dvou dekád byly ztráty u obou olejů téměř shodné, v poslední dekádě měl nově aplikovaný olej AGIP ACER 320 vlivem poruch větší ztrátu, než dříve používaný Mobil Vacuoline 137 za stejný časový úsek v předešlém roce. Ale i přes tuto skutečnost, díky nižším pořizovacím nákladům nového oleje, jsou celkové náklady za zpracované období tří dekád menší, než u původně používaného oleje Mobil Vacuoline 137. V ideálním bezporuchovém stavu by ztráty oleje AGIP ACER 320 za analyzované období 3 dekád byly nižší, než u předchozího Mobil Vacuoline 137 za stejné období.

Jsem přesvědčen, že stanovené cíle této diplomové práce byly splněny. Na základě mnou provedených měření bylo zjištěno, že zavedení nového typu oleje se skutečně jeví jako výhodné. Získané poznatky také mohou sloužit k posouzení dalších období.

Ceny olejů udávané v této práci neodpovídají skutečným pořizovacím nákladům Třineckých železáren.

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Ladislavu Hrabcovi, Ph.D. za podporu, spolupráci a odborné vedení diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Miroslavu Hlavenkovi, Ing. Lucjanu Raszkovi a panu Milanu Vestkovi z Třineckých železáren za vstřícný přístup a ochotu poskytnout cenné informace pro vypracovávání této práce.

Seznam použité literatury

Monografie

- [1] HELEBRANT, F., ZIEGLER, J., MARASOVÁ, D. *Technická diagnostika a spolehlivost I – Tribodiagnostika*. 1. vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2001. 155 stran. ISBN 80-7078-883-6.

Internetové zdroje

- [2] LENFELD, P. *Ksp.tul.cz* [Online]. Poslední aktualizace: 26. 11. 2008. [Citace: 20. 3. 2010]. Technologie objemového tváření – válcování. Dostupné z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/02.htm>.
- [3] *Zacha.cz* [Online]. Poslední aktualizace: 2009. [Citace: 3. 3. 2010]. Válcování kovů. Dostupné z WWW: <<http://zacha.cz/vice-o-vyrobe-trubek>>.
- [4] *Wikipedia.org* [Online]. Poslední aktualizace: 28. 9. 2008. [Citace: 20. 2. 2010]. Výroba trubek. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lcov%C3%A1n%C3%AD_kov%C5%AF>.
- [5] *Hornictvi.info* [Online]. Poslední aktualizace: 2008. [Citace: 10. 3. 2010]. Hornictví. Dostupné z WWW: <<http://www.hornictvi.info/prirucka/zprac/ocel/ocel.htm>>.
- [6] *TRZ.cz* [Online]. Poslední aktualizace: 10. 3. 2010. [Citace: 15. 3. 2010]. Historie železáren. Dostupné z WWW: <<http://www.trz.cz/Trz/Oskupine2005.nsf/ProWeb/39554A9A2D3F62D0C125707C001D320D?OpenDocument>>.
- [7] *TRZ.cz* [Online]. Poslední aktualizace: 10. 3. 2010. [Citace: 15. 3. 2010]. Válcovna drátů a jemných profilů - kontidrátová trať. Dostupné z WWW: <<http://www.trz.cz/Trz/VProgram2005.nsf/ProWeb/D69CD6846A8BF4CCC1257077003C5B13?OpenDocument>>.
- [8] *Alfalaval.com* [Online]. Poslední aktualizace: 2009. [Citace: 3. 4. 2010]. Rozebíratelné deskové výměníky tepla Alfa Laval. Dostupné z WWW: <http://local.alfalaval.com/cs-cz/produkty/prenos/deskove/vytapeni/rozebiratelne/Documents/Rozebiratelne_vymeniky_Alfa%20Laval.pdf>.

- [9] *Vistec.cz* [Online]. Poslední aktualizace: 2009. [Citace: 12. 4. 2010]. Technické informace. Dostupné z WWW: < http://www.vistec.cz/pic/new_mu3.jpg >.
- [10] *Made-in-china.com* [Online]. Poslední aktualizace: 10. 2. 2010. [Citace: 12. 4. 2010]. Product list. Dostupné z WWW: < <http://shenkai.en.made-in-china.com/product-list-2.html> >.
- [11] *Swri.org* [Online]. Poslední aktualizace: 2010. [Citace: 13. 4. 2010]. Foaming Tendency Evaluation (ASTM D892). Dostupné z WWW: <<http://www.swri.org/4ORG/d08/global/FoamTend/default.htm>>.
- [12] *Topoil.cz* [Online]. Poslední aktualizace: 2010. [Citace: 15. 4. 2010]. Ochrana proti korozi (ASTM D665). Dostupné z WWW: <http://obchod.top-oil.cz/www/prilohy/ostatni/prezentace/Technicky_bulletin_Supremium_CZ.pdf>.
- [13] KANIA, P. *vscht.cz* [Online]. Poslední aktualizace: 2009. [Citace: 29. 4. 2010]. INFRAČERVENÁ SPEKTROMETRIE. Dostupné z WWW: <http://www.vscht.cz/anl/lach1/7_IC.pdf>.

Další zdroje

- [14] Interní materiály provozu válcovny drátů, Třinecké železářny, a.s.

Seznam použitých norem

ČSN EN ISO 3104 - Ropné výrobky - Průhledné a neprůhledné kapaliny - Stanovení kinematické viskozity a výpočet dynamické viskozity. Datum schválení leden 1998. Datum účinnosti 1998-02-01.

ČSN ISO 6614 - Název dokumentu Ropné výrobky - Stanovení schopnosti ropných a syntetických olejů oddělovat vodu (deemulgační schopnost). Datum vydání 2006-12-01.

ČSN ISO 6618 (656070) - Ropné výrobky a maziva - Stanovení čísla kyselosti a čísla alkality - Metoda titrace na barevný indikátor. Datum schválení 2006-11-01. Datum účinnosti 2006-12-01.

ČSN ISO 2909 - Ropné výrobky – Výpočet viskozitního indexu z kinematické viskozity

ISO 3448 - Viskozitní klasifikace průmyslových olejů.

ASTM D445 - 09 Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity).

ASTM D2270 - 04 Standard Practice for Calculating Viscosity Index From Kinematic Viscosity at 40 and 100°C.

ASTM D92 - 05a Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup Tester.

ASTM D2711 - 01a(2007)e1 Standard Test Method for Demulsibility Characteristics of Lubricating Oils.

ASTM D1401 - 09 Standard Test Method for Water Separability of Petroleum Oils and Synthetic Fluids.

ASTM D665 - 06 Standard Test Method for Rust-Preventing Characteristics of Inhibited Mineral Oil in the Presence of Water.

ASTM D892 - 06e1 Standard Test Method for Foaming Characteristics of Lubricating Oils.

ASTM D97 - 09 Standard Test Method for Pour Point of Petroleum Products.

ASTM D4052 - 09 Standard Test Method for Density, Relative Density, and API Gravity of Liquids by Digital Density Meter.

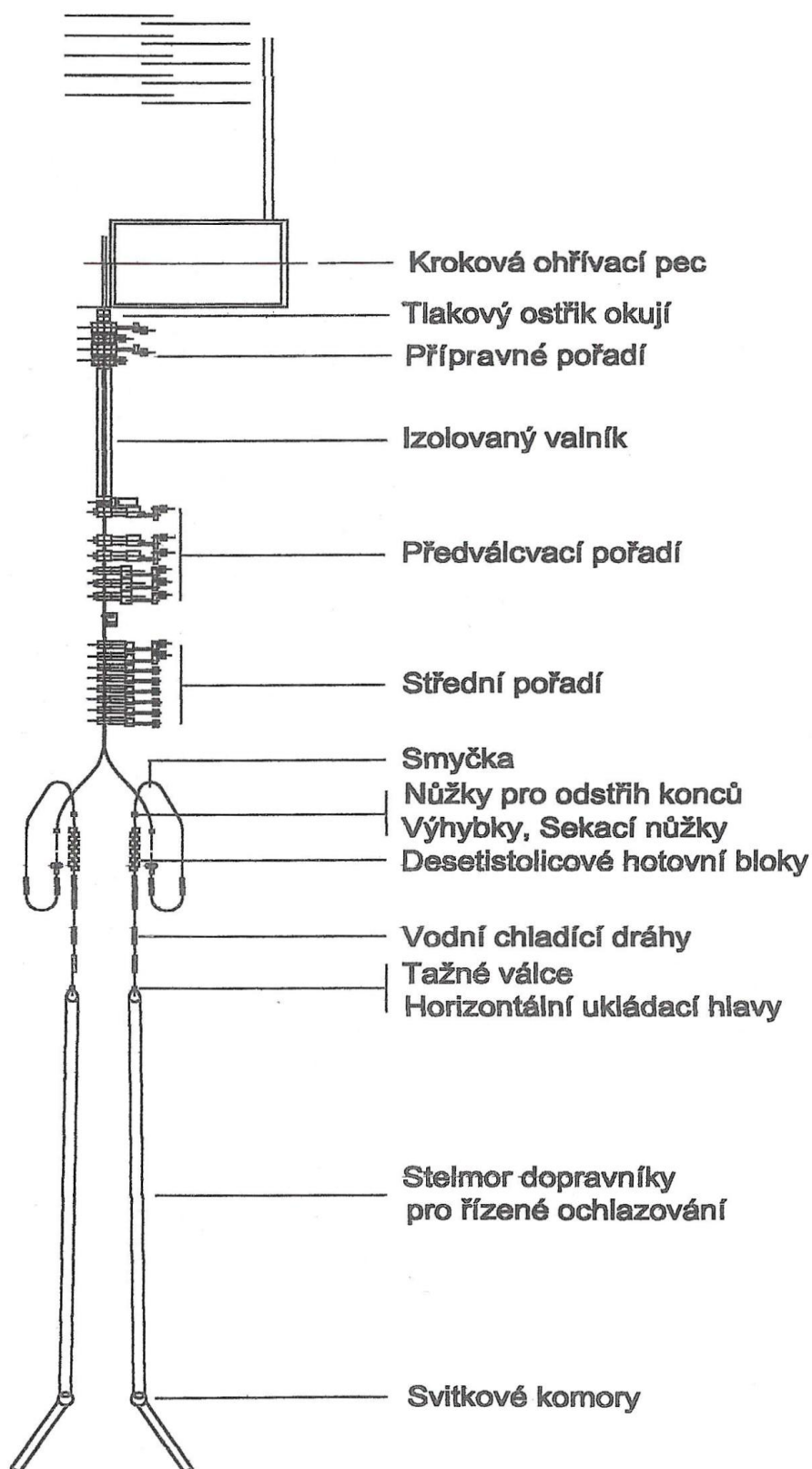
ASTM D2422 - 97(2007) Standard Classification of Industrial Fluid Lubricants by Viscosity System.

ASTM D974 - 08 Standard Test Method for Acid and Base Number by Color-Indicator Titration.

Seznam příloh

- Příloha A: Schéma tratě válcovny kontidrátu
- Příloha B: Protokol z analýzy použitého vzorku oleje Mobil Vacuoline 137
- Příloha C: Protokol z analýzy použitého vzorku oleje AGIP ACER 320
- Příloha D: Tabulka z knihy záznamů o měření hladiny oleje - Mobil Vacuoline 137
- Příloha E: Tabulka z knihy záznamů o měření hladiny oleje - AGIP ACER 320

Příloha A: Schéma tratě válcovny kontidrátu



Příloha B: Protokol z analýzy použitého vzorku oleje Mobil Vacuoline 137



ALS Laboratory Group

Telefon: +420 284 081 575
 Fax: +420 284 081 771
 Internet: www.alsglobal.com, www.alsglobal.cz
 E-mail: vladimir.novacek@alsglobal.com

zákazník: pan Ing. Miroslav Hlavenka
 Třinecké železářny, a.s.
 Průmyslová 1000
 739 70 Třinec-Staré Město
 Česká Republika

Protokol č. 101534

V Praze 20.4.2010

Objednávka: mail ze dne 12.4.2010
 Vzorek: olej ISO VG 320
 Označení vzorku: vzorek č.2
 Označení vzorku v ALS ČR,s.r.o.: 101534
 Vzorek přijat dne: 12.4.2010
 Datum provedení zkoušky: 15.-20.4.2010
 Místo provedení zkoušky: ALS ČR,s.r.o., Na Harfě 336/9, 190 00 Praha 9
 Metody stanovení, údaje o odchylkách, doplňcích nebo výjimkách ze zkušebních předpisů a další informace:
 FTIR Analýza vzorku infračervenou spektrometrií s Fourierovou transformací (N)
 N33 CZ_SOP_D06_05_N33 Deemulgační schopnost (ČSN ISO 6614)

Výsledky měření:

označení vzorku	101534			
parametr	výsledek	NM	jednotka	metoda
Deemulgační schopnost, 40°C (olej-voda-emulze)	0-24-56/60		ml-ml-ml/min	N33 N
Deemulgační schopnost, 82°C (olej-voda-emulze)	42-38-0/20		ml-ml-ml/min	N33 N

Příloha : FTIR spektrum vzorku: olej na ropné bázi se zřetelným pásem antioxidantu; minimální degradace

Nejistota měření (NM [%]) je rozšířená nejistota odpovídající 95% intervalu spolehlivosti. Je uvedena jako odhad relativní směrodatné odchylky v procentech násobený koeficientem k=2.

Parametry s indexem "A" v posledním sloupci tabulky jsou předmětem akreditace, na parametry s indexem "N" se akreditace nevztahuje.

Výsledky parametrů s indexem "SN" byly získány subdodavatelsky a nejsou předmětem akreditace u subdodavatele.

Výsledky parametrů s indexem "SA" byly získány subdodavatelsky v akreditované laboratoři a jsou předmětem akreditace u subdodavatele.

ALS Czech Republic, s.r.o. Ing. Vladimír Nováček
 Na Harfě 336/9 Oil Testing Supervisor
 190 00 Praha 9
 DIČ: CZ27407551



Laboratoř prohlašuje, že výsledky zkoušek uvedené na tomto protokolu se týkají pouze vzorků, které jsou uvedeny na tomto protokolu a nenahrazují jiné dokumenty. Bez písemného souhlasu Oil Testing Supervisora ALS ČR,s.r.o. se nesmí protokol reprodukovat jinak, než celý.

Strana: 1/1

ALS Czech Republic, s.r.o. DIČ CZ27407551 Banka: Citibank, a.s. č.ú.: 2509800106/2600 Společnost je zapsána v OR vedeném Městským soudem v Praze, oddíl C, vložka 111197 Part of the ALS Laboratory Group A Campbell Brothers Limited Company
 Na Harfě 336/9, 190 00 Praha 9 Česká republika Tel. +420 284 081 645 Email customer.support@alsglobal.com
www.alsglobal.cz

Right solutions... Right partner

Příloha C: Protokol z analýzy použitého vzorku oleje AGIP ACER 320



ALS Laboratory Group

Telefon: +420 284 081 575
 Fax: +420 284 081 771
 Internet: www.alsglobal.com, www.alsglobal.cz
 E-mail: vladimir.novacek@alsglobal.com

zákazník: pan Ing. Miroslav Hlavenka
 Třinecké železářny, a.s.
 Průmyslová 1000
 739 70 Třinec-Staré Město
 Česká Republika

Protokol č. 101536

V Praze 20.4.2010

Objednávka: mail ze dne 12.4.2010
 Vzorek: olej ISO VG 320
 Označení vzorku: vzorek č.4
 Označení vzorku v ALS ČR,s.r.o.: 101536
 Vzorek přijat dne: 12.4.2010
 Datum provedení zkoušky: 15.-20.4.2010
 Místo provedení zkoušky: ALS ČR,s.r.o., Na Harfě 336/9, 190 00 Praha 9
 Metody stanovení, údaje o odchylkách, doplňcích nebo výjimkách ze zkušebních předpisů a další informace:
 FTIR Analýza vzorku infračervenou spektrometrií s Fourierovou transformací (N)
 N33 CZ_SOP_D06_05_N33 Deemulgační schopnost (ČSN ISO 6614)

Výsledky měření:

označení vzorku	101536			
parametr	výsledek	NM	jednotka	metoda
Deemulgační schopnost, 40°C (olej-voda-emulze)	0-19-61/60		ml-ml-ml/min	N33 N
Deemulgační schopnost, 82°C (olej-voda-emulze)	43-37-0/60		ml-ml-ml/min	N33 N

Příloha : FTIR spektrum vzorku: olej na ropné bázi; mírná degradace

Nejistota měření (NM [%]) je rozšířená nejistota odpovídající 95% intervalu spolehlivosti. Je uvedena jako odhad relativní směrodatné odchylky v procentech násobený koeficientem k=2.

Parametry s indexem "A" v posledním sloupci tabulky jsou předmětem akreditace, na parametry s indexem "N" se akreditace nevztahuje.

Výsledky parametrů s indexem "SN" byly získány subdodavatelsky a nejsou předmětem akreditace u subdodavatele.

Výsledky parametrů s indexem "SA" byly získány subdodavatelsky v akreditované laboratoři a jsou předmětem akreditace u subdodavatele.

ALS Czech Republic, s.r.o. Ing. Vladimír Nováček
 Na Harfě 336/9 Oil Testing Supervisor
 190 00 Praha 9
 DIČ: CZ 27407551



Laboratoř prohlašuje, že výsledky zkoušek uvedené na tomto protokolu se týkají pouze vzorků, které jsou uvedeny na tomto protokolu a nenahrazují jiné dokumenty. Bez písemného souhlasu Oil Testing Supervisora ALS ČR,s.r.o. se nesmí protokol reprodukovat jinak, než celý.

Strana: 1/1

ALS Czech Republic, s.r.o., DIČ CZ27407551. Banka: Citibank, a.s. Č.ú.: 2509800106/2600 Společnost je zapadlá v OR vedeném Městským soudem v Praze, oddíl C, vložka 111197. Part of the ALS Laboratory Group. A Campbell Brothers Limited Company.
 Na Harfě 336/9, 190 00 Praha 9 Česká republika Tel. +420 284 081 645 Email customer.support@alsglobal.com
www.alsglobal.cz

Right solutions... Right partner

Příloha D: Tabulka z knihy záznamů o měření hladiny oleje - Mobil Vacuoline 137

leden	mm	l	březen	mm	l	duben	mm	l
25 - A1	1250	9250	1	1250	9250	1 - A1	1030	7622
26	1210	8954	2	1250	9250	2	1020	7548
27	1205	8917	3	1250	9250	3	1010	7474
28	1200	8880	4	1250	9250	4	1010	7474
29	1200	8880	5	1235	9139	5	1005	7437
30	1200	8880	6	1230	9102	6	1220	9028
31	1195	8843	7	1215	8991	7	1210	8954
únor	mm	l	8	1210	8954	8	1210	8954
1	1190	8806	9	1195	8843	9	prostoj	
2	1190	8806	10	1190	8806	10	prostoj	
3	1190	8806	11	1180	8732	11	1210	8954
4	prostoj		12	1170	8658	12	1210	8954
5	prostoj		13	1160	8584	13	1195	8843
6	1190	8806	14	1150	8510	14	1190	8806
7	1180	8732	15	1150	8510	15	1180	8732
8	1170	8658	16	1150	8510	16	1175	8695
9	1170	8658	17	1115	8251	17	1170	8658
10	1160	8584	18	1085	8029	18	1165	8621
11	1150	8510	19	1080	7992	19	1170	8658
12	1150	8510	20	1080	7992	20	1160	8584
13	1150	8510	21	1080	7992	21	prostoj	8584
14	1150	8510	22	1070	7918	22	1275	9435
15	1150	8510	23	1065	7881	23	1270	9398
16	1140	8436	24	1065	7881	24	1270	9398
17	1180	8732	25	1055	7807	25	1270	9398
18	1170	8658	26	prostoj		26	1270	9398
19	1150	8510	27	prostoj		27	1270	9398
20	1150	8510	28	prostoj		28	1255	9287
21	1150	8510	29	prostoj		29	1250	9250
22	1140	8436	30 - 31	prostoj		30	1250	9250
23	1140	8436	2.2 - odkalení A1					
24	prostoj		17.2 - přečerpáno z A2 do A1 (296 l) , on/off odstředivka A1					
25	prostoj		2.3 - odkalení A2					
26 - A2	1300	9620	17.3 - on/off odstředivka A2					
27	1250	9250	6.4 - dolití oleje (1519 l)					
28	1250	9250	22.4 - dočerpáno (851l)					
Mobil Vacuoline 137 (25. 1 - 30. 4. 2009)							1 cm = 74 l	

Příloha E: Tabulka z knihy záznamů o měření hladiny oleje - AGIP ACER 320

únor	mm	l	březen	mm	l	duben	mm	l
1			1	1290	9546	1	1175	8695
2			2	1290	9546	2	1170	8658
3			3	1290	9546	3	1170	8658
4			4	1290	9546	4	1160	8584
5			5	1280	9472	5	1150	8510
6			6	1280	9472	6	1140	8436
7			7	1280	9472	7	1140	8436
8 - A1	1420	10508	8	1275	9435	8 - A1	1340	9916
9	1420	10508	9 - A2	1350	9990	9	1340	9916
10	1410	10434	10	1350	9990	10	1340	9916
11	1410	10434	11	1350	9990	11	1340	9916
12	1410	10434	12	1350	9990	12	1340	9916
13	1410	10434	13	1315	9731	13	1300	9620
14	1400	10360	14	1290	9546	14	1260	9324
15	1390	10286	15	1290	9546	15	1260	9324
16	1390	10286	16	1280	9472	16	1250	9250
17	1380	10212	17	1280	9472	17	1250	9250
18	1380	10212	18	1265	9361	18	1240	9176
19	1365	10101	19	1260	9324	19	1240	9176
20	1365	10101	20	1260	9324	20	1230	9102
21	1330	9842	21	1250	9250	21	1220	9028
22	1330	9842	22	1235	9139	22	1220	9028
23	1320	9768	23	1230	9102	23	1200	8880
24	1320	9768	24	1220	9028	24	1200	8880
25	1310	9694	25	1220	9028	25	1200	8880
26	1310	9694	26	1215	8991	26	1190	8806
27	1300	9620	27	1200	8880	27	1180	8732
28	1290	9546	28	1185	8769	28	1175	8695
9.2 - on odstředivka A1			29	1175	8695	29	1165	8621
10.2 - off odstředivka A1			30	1175	8695	30	1155	8547
6.3 - odkalení A1			31	1175	8695	květen	mm	l
12.3 - on odstřed.A2	1.4 - odkalení A2			13.4 - on odstřed.A1		1	1145	8473
13.3 - off odstřed.A2	7.4 - dekadní opravy			14.4 - off odstřed.A1		2	1145	8473
31.3 - odkalení A2	12.4 - odkalení A1					3	1140	8436
AGIP ACER 320 (8. 2 - 3. 5. 2010)							1 cm = 74 l	